Л. С. Наумов
Л. Д. Соболев



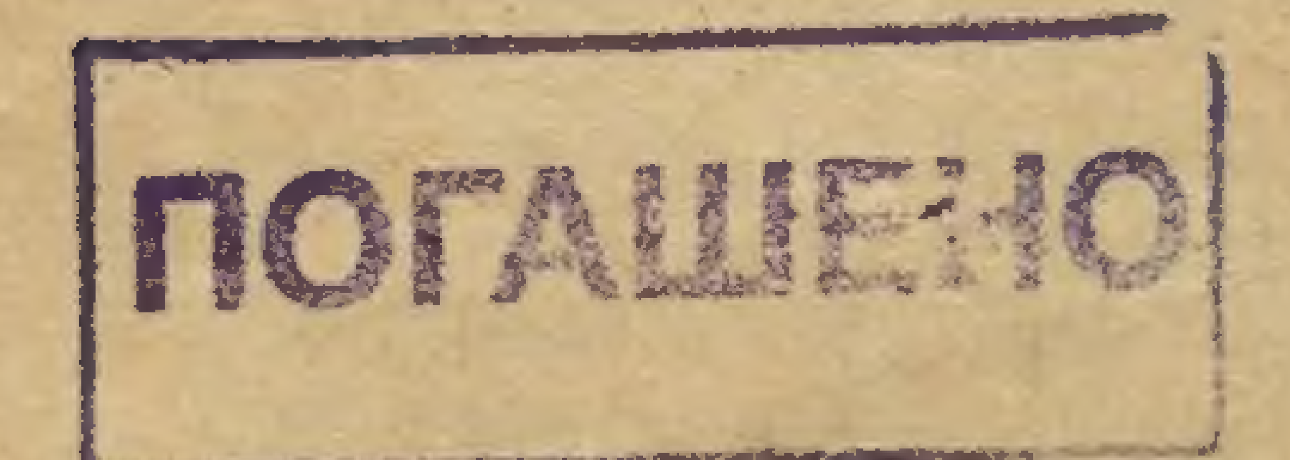
НА ОРБИТЕ КОКСА

Л. С. На

Л.С. Наумов Л.Д. Соболев

НА ОРБИТЕ КОКСА

РАССКАЗЫ
О КОКСОХИМИИ





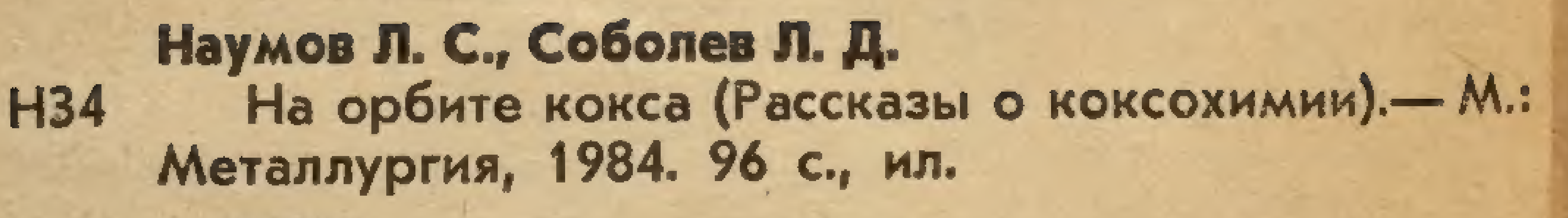
МОСКВА «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1984

УДК 662.74(023)

Оформление и рисунки
художника **В. Н. ЗАБАЙРОВА**

Рецензент *В. И. Коминов*




Наумов Л. С., Соболев Л. Д.
Н34 На орбите кокса (Рассказы о коксохимии).— М.: Металлургия, 1984. 96 с., ил.
ИСБН

В популярной форме изложены история, настоящее и будущее коксохимической промышленности. Рассказано об основных профессиях в современном коксохимическом производстве, о широком ассортименте продуктов коксования и областях их применения в народном хозяйстве.

Для широкого круга читателей, а также для молодежи, выбирающей профессию.

Н $\frac{2601000000-133}{040(01)-84}$ 72—84 662.74(023)

Содержание

Леонид Сергеевич НАУМОВ
Леонид Дмитриевич СОБОЛЕВ

НА ОРБИТЕ КОКСА
(Рассказы о коксохимии)

Редактор издательства С. А. ЧИСТЯКОВА
Художественный редактор Ю. И. СМУРЫГИН
Технический редактор Н. А. СПЕРАНСКАЯ
Корректоры: Г. Ф. ЛОБАНОВА, Т. В. ЧУПРИС
Обложка художника В. Н. ЗАБАЙРОВА
ИБ № 2613

Сдано в набор 06.03.84. Подписано в печать 24.05.84.
Т-10055. Формат бумаги 84×108 1/32. Бумага типографская
Т-10055. Гарнитура литературная. Печать высокая.
№ 2. Гарнитура литературная. Печать высокая
Усл. печ. л. 5,04. Усл. кр.-отт. 5,25. Уч.-изд. л. 5,53.
Тираж 35 000 экз. Заказ № 763. Цена 15 к. Изд. № 1161.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Металлургия», 119857 ГСП Москва, Г-34,
2-й Обыденский пер., д. 14

Владимирская типография Союзполиграфпрома при
Государственном комитете СССР по делам
издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

Рассказ первый

Что было



Есть в жизни всех людей порядок общий,
Таящий объясненье прошлых дней,
Его поняв, легко почти наверно
Предсказывать течение событий.

В. Шекспир

Шел XVII век. Наивная теория пыталась объяснить обширную практику. Открытия следовали одно за другим, многие объявлялись шарлатанством. В недрах феодализма уже начинал формироваться становой хребет капитализма — промышленность, требующая новых методов обработки и переработки природного сырья. К таким методам относился доменный процесс, осуществляемый с использованием древесного угля. В силу различных причин (о них чуть позже) древесный уголь надо было заменить, но чем? ...

В средневековой Англии обработка металлов являлась после прядения и ткачества одной из главных отраслей зарождающейся промышленности. Поэтому, а также потому, что условия залегания угля в смысле легкости его добычи были особенно благоприятные, Англия стала пионером в работах по замене древесного угля коксом. Проктер и Питерсон в 1589 году получили при обжиге каменного угля продукт и назвали его Coki. Через год декану Йоркскому выдали лицензию «на очистку каменного угля и освобождение его от неприятного запаха» в целях использования затем угля для выплавки металла. Англичанин Стаурвайт (1612 год) считал главным достоинством нового процесса выплавки металла на коксе его существенную экономичность.

В 1619 году Доду Додлею в канцелярии английской королевы был выдан патент, свидетельствующий о том, что владелец его «открыл после долгих трудов и многих дорогостоящих опытов секрет, способ и средства выплавки железной руды и производства из нее чугунного литья или брусков путем применения каменного угля в печах с раздувательными мехами, причем результаты получились такого же хорошего качества, как и те, что


КОКС



до сих пор производились при помощи древесного угля ...». Есть все основания полагать, что Додлей в том далеком году вел плавку на коксе, секрет производства которого он так никому и не открыл.

В 1681 году известный химик Иоганн Бехер затребовал патент на «новый метод получения кокса и смолы из торфа и каменного угля, никем никогда ранее не открытый и не примененный».

Однако лишь спустя 50 лет железозаводчику Авраамy Дерби удались несколько плавок с использованием древесного угля и кокса. Успех воодушевил исследователя, он начал пробные плавки только на коксе. Выплавленный им металл был прекрасного качества и стоил дешевле, чем при использовании древесного угля.

Справедливости ради надо отметить, что в Германии тоже имелись разработки по замене древесного угля. В указе герцога Юлия Брауншвейга Люнебергского от 22 июня 1585 года говорилось: «...лесосеки в нашем княжестве чрезвычайно уменьшились, деревья стали тонкими, таким образом они уже никакими средствами не могут быть снова возобновлены и сохранены, от чего происходит непреодолимый вред... Поэтому мы с немалым трудом и расходами занялись отысканием каменного угля и, наконец, с милостью всемогущего господа установили точные следы в нашей области Гогенбюхен и основали там рудник, ... откуда получается хороший чистый каменный уголь, который был испытан для кузнечных работ, для обжига извести и кирпичей и оказался вполне пригодным....» Далее в указе вкратце была приведена технология: «... следует взять каменный уголь, последний прокаливать на огне так долго, чтобы вонь и серный дух ушел бы из него. Таким образом обработанный уголь хорошо применять для домашнего отопления»...

Долгое время люди выплавляли чугун, как уже было сказано, из железной руды с помощью древесного угля, который получали, сжигая строевой лес. Чтобы выплавить, например, одну тонну железа в брусках, надо было сжечь 16, а на тонну полосового железа израсходовать 26 погонных метров отличной древесины.

Подобное расточительство еще могло сойти во времена египетских фараонов, но в эпоху великих завоеваний требовался иной, более дешевый и доступный материал для получения железа. Даже в России, обладавшей

несметными лесными богатствами, в 1754 году был издан указ, запрещавший строительство железоделательных заводов вокруг Москвы в радиусе 200 верст, чтобы сохранить от вырубки подмосковные рощи.

Уничтожение лесов влекло за собой ухудшение климата, снижение урожая сельскохозяйственных культур, обмеление рек. Кроме того, древесный уголь был слишком непрочен, и все попытки интенсифицировать выплавку заканчивались безуспешно: древесный уголь крошился и угольная пыль забивала пространства между кусками руды, препятствовала прохождению продуктов сгорания. Температура в домне падала, ход плавки резко замедлялся, а иногда и прекращался вовсе.

Кризис в металлургии принудил исследователей к поиску восстановителя и отвечающего требованиям технологии того времени, и открывающего дорогу прогрессу в металлургии, точнее говоря, к поиску методов облагораживания природного восстановителя — каменного угля, известного человечеству с древнейших пор.

В Китае, например, в провинции Юнань каменный уголь добывали задолго до нашей эры. Более двух тысяч лет назад писатель Лиу-ан довольно подробно описал горючие черные камни, называя их пинг-тан, что означает «ледяной древесный уголь».

Еще ученик Аристотеля Теофаст в книге «История камня» сравнивал каменный и древесный угли и указывал на возможность применения каменного угля для выплавки железа и других металлов...

Каменный уголь содержит немало примесей, например серу и фосфор. Сера придает железу красноломкость, то есть делает металл хрупким в нагретом состоянии, а фосфор — хрупким в холодном виде. Из такого металла невозможно сделать даже простейшую деталь. Значит, перед загрузкой каменного угля в доменную печь необходимо удалить примеси. Работа в этом направлении затянулась на многие годы. Неудачные попытки следовали одна за другой. И виновато в большинстве из них было ... пиво. Известно, что в процессе приготовления пива англичане использовали каменный уголь, предварительно обожженный в больших кучах диаметром 3—5 метров. Аналогично стали получать в XVIII веке и кокс: кучу угля закрывали соломой, затем мелким углем, землей и поджигали. Но так как процесс образования кокса у разных углей проходит по-раз-

ному, очень важно выбрать уголь, который обладал бы хорошей спекаемостью.

В это время и начали появляться открытия Бехера, Дерби, и 1735 год вошел в историю техники как дата начала производства кокса.

А что же Россия? Неужели на земле, всегда славившейся мастерами на все руки, никто не смог предположить возможность использования угля для выплавки железа?

Предание гласит, что летним вечером 1696 г. возле казачьей станицы Черкассы в походном лагере войска, выступившего на штурм Азова, Петр I сказал о каменном угле: «Сей материал, если не нам, то потомкам нашим зело полезен будет»...

Сын крепостного крестьянина Моисей Югов, ставший к 16 годам опытным горным мастером на Кизеловском железоделательном заводе, как-то попробовал применить для выплавки железа вместо древесного каменный уголь, пласты которого выходили на поверхность недалеко от завода. Попытка оказалась удачной. Югов неоднократно докладывал о своем открытии в Пермь, но безуспешно: пермские владельцы местных лесов, получавшие огромные доходы от продажи древесного угля, замяли это дело, и в итоге настойчивость Югова привела его в острог.

Он бежал, дошел до Петербурга, нашел там земляков, служивших в солдатах, рассказал им о богатствах, лежащих в недрах Урала. В 1794 г. они передали в царский дворец в Гатчину записку на имя императора Павла с описанием месторождения, открытого Юговым. Долго ждали они ответа, но минул год, другой, а его все не было. Югова не смутила неудача, веря в доброго и умного царя, он снова послал прошение в Зимний дворец с рудознатцем Яковом Маркушевым. И только в 1797 году Берг-коллегия постановила командировать Югова в Пермскую губернию к надворному советнику Гладкову для разведки месторождений угля в Кизеле. Но долгое заключение и мытарства дали о себе знать: Моисей Югов попал в лазарет и умер на 36 году жизни.

Удачные опыты Югова по использованию местных каменных углей для выплавки железа были постепенно забыты: слишком дешев был тогда уральский лес, чтобы заводчиков заинтересовал новый процесс...

В 1795 году горный инженер Иван Бригонцев подготовил для печати рукопись «Руководство к познанию, разрабатыванию и употреблению каменного угля», которая отчетливо свидетельствует о том, что уже в конце XVIII века в России умели получать кокс. Бригонцев писал: «Железные руды, выплавляемые обожженным каменным углем, дают превосходных доброт чугун для отливок всех вообще военных орудий, снарядов и других вещей»...

Заключить экскурс в историю открытия процесса выплавки чугуна с использованием кокса следует известным положением о том, что критическая история технологии вообще показала бы, как мало какое бы то ни было изобретение XVIII столетия принадлежит тому или иному отдельному лицу.

Рассказ второй

И твердое, и жидкое, и газообразное



Знание фактов только потому и драгоценно, что в фактах скрываются идеи...

В. Г. Белинский

Уголь постоянно вызывал интерес: научившись использовать его как топливо, человек наугад стал обрабатывать угли то водой, то огнем, то растворителями. Так, случайно открывали новые процессы, получали неизвестные вещества, но, не будучи готовым разумно применять их, люди откладывали результаты своих открытий до поры до времени. И снова растворяли, нагревали, обрабатывали...

Газ, выделявшийся при прокаливании угля в замкнутом объеме, алхимики назвали «философской свечой». Но только в 1792 году была открыта дорога газовому рожку, зажегшемуся впервые в одной из аптек Вюрцбурга. Правда, как и любое другое новшество, газовое освещение было встречено более чем прохладно.

Вальтер Скотт, автор многих известных приключенских повестей, писал своему другу по этому поводу: «Один сумасшедший предлагает осветить Лондон, чем бы вы думали? Представьте себе—дымом». Некоторые газеты выражались еще резче: «Искусственное освещение является попыткой нарушения божественного плана, по

которому предопределено, чтобы ночью была тьма», «...излучения светильного газа вредны. Кроме того, освещенные улицы побудят людей оставаться поздно на воздухе и будут способствовать простудным заболеваниям», «...будут пугаться лошади и обнаглеют воры»...

Но, как и всякое новшество, и это пробило себе дорогу: сначала в Европе и Америке, а в 1835 году в Петербурге был пущен газовый завод...

Человечество постоянно ищет новые источники энергии. Совершенствование техники и технологий, переход к новым орудиям производства на каждом этапе развития общества были связаны со скачком в добыче энергии и освоением ее новых источников. Энергетическая мощь любого общества является показателем его прогресса.

Первый «энергетический кризис» поразил Древний Рим: не хватало рабов. На смену мускульной силе пришла энергия воды, ветра. Паровые машины дали новое ускорение развитию науки и техники. Затем настал черед угля. И, не дав ему как следует показать себя, сначала нефть и природный газ, а затем уран стали вытеснять уголь с первых ролей.

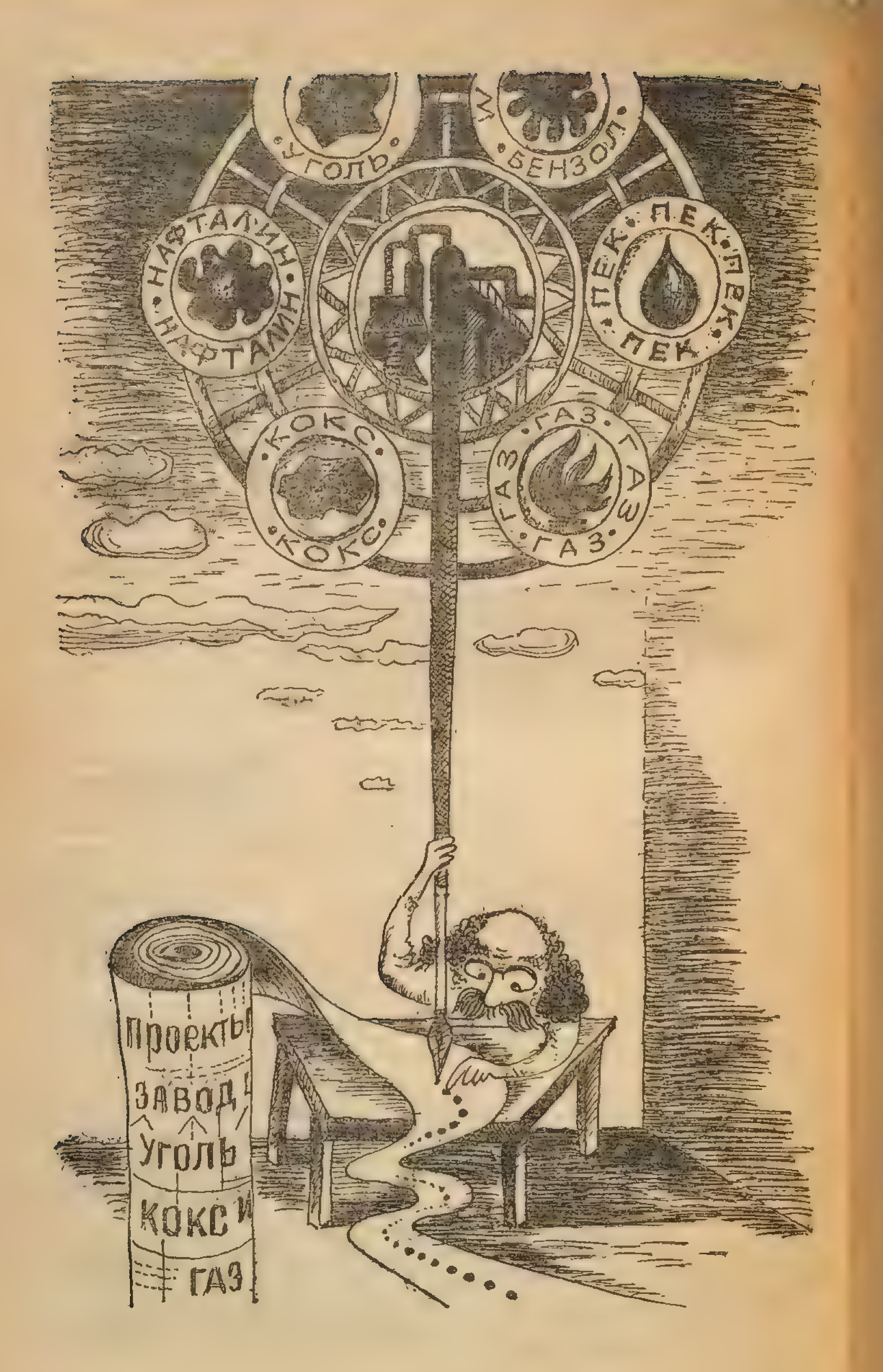
Не слишком ли рано? На этот счет существуют диаметрально противоположные мнения. С одной стороны, уголь — природное ископаемое, а это значит, что, как бы ни были велики его залежи, они ограниченны. С другой стороны, разведанные запасы угля составляют более 80 % от всех запасов энергоресурсов (нефти и природному газу остается соответственно 17 и 2—3 %). К тому же сейчас такой момент, когда нефть и газ еще есть, но их уже не хватает.

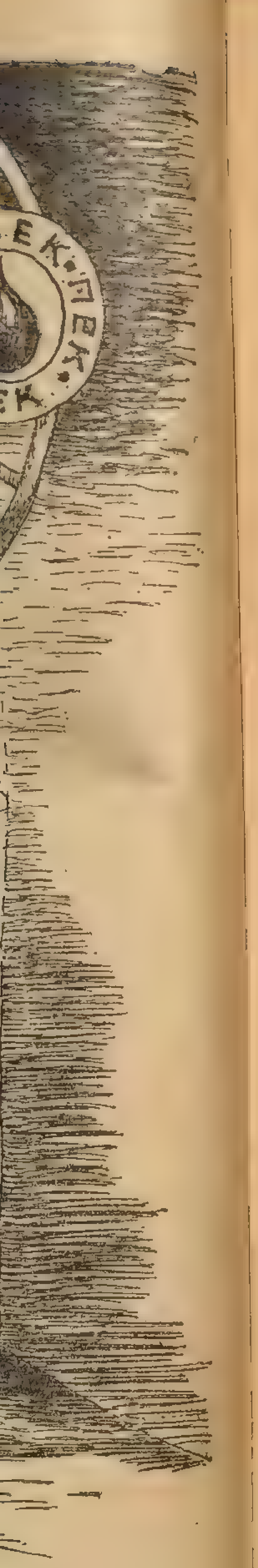
Уповать же на ядерную энергетику пока не приходится. Мировые мощности атомных электростанций (к. п. д. которых, кстати, ниже, чем у электростанций, работающих на органическом топливе) в 2000 году при самых оптимистических предпосылках смогут покрыть только 15—20 % всей потребности в энергии на рубеже XX и XXI века. Кроме того, вряд ли сыщется человек, который рискнет утверждать, что проблема захоронения радиоактивных остатков решена полностью и окончательно.

Появлялись и очень хорошо, что появляются до сих пор теоретические разработки, нацеленные на использование солнца, ветра, термальных вод в качестве дешевых источников энергии. Но о дешевизне можно говорить лишь условно, так как затраты на изобретение, разработку и внедрение ныне соотносятся как 1:10:100. Проекты эти в большинстве находятся на стадии зрелых идей, но промышленность уже сегодня требует энергии дешевой, доступной, в достаточном количестве.

Президент АН СССР А. П. Александров считает, что по мере повышения цен на нефть в мировом масштабе и снижения ее значения в топливном балансе образующийся дефицит будет покрываться за счет увеличения эксплуатации угольных месторождений, расширения доли ядерной энергии. Причем, по-видимому, увеличение использования угля будет связано с предварительной переработкой его в жидкое и газообразное топливо, так как прямое сжигание угля связано с выбросами больших количеств сернистого газа и других веществ, губительных для окружающей среды.

Так вот уголь можно перерабатывать в зависимости от желания в жидкое, газообразное и твердое топливо газификацией, гидрогенизацией или полукоксованием.


УГОЛЬ
БЕНЗОЛ
НАФТАЛИН
НАФТАЛИН
ПЕК ПЕК ПЕК
ПЕК
КОКС
КОКС
ГАЗ ГАЗ
ГАЗ
ГАЗ
ПРОЕКТЫ
ЗАВОД
УГОЛЬ
КОКС И
ГАЗ



Почему мы заговорили об этих процессах? Ведь наша цель — кокс. Да потому, что с их помощью легче понять процесс коксования: он включает в себя некоторые элементы этих процессов. Зная тонкости поведения близких коксованию технологий, можно внести в традиционный процесс новые детали, придумать иную, возможно более полезную технологию. О том, как видоизменяется коксование, — разговор впереди. А пока газификация, гидрогенизация, полукоксование.

Вернемся к светильному газу. Его получали, нагревая каменный уголь до высоких температур без доступа воздуха в замкнутых ретортах. Производство светильного газа, хранение и транспортирование его в больших количествах послужили прологом для широкого получения генераторных газов, то есть для разработки процесса газификации угля.

Процесс газификации изобретен давно, но лишь в двадцатых годах текущего столетия, когда резко обозначился дефицит жидкого топлива, многие заводы и фабрики стали интенсивно использовать различные генераторные газы в качестве основного топлива. Это дало сильный толчок в развитии аппаратов и оборудования для газификации.

Газификация — это процесс перехода углерода — твердого вещества — в горючие газы. Но в топке паровоза углерод не менее активно превращается в газ. В чем же разница? Все дело в том, что в паровозной топке получается негорючий углекислый газ. В молекуле этого газа атом углерода связан с двумя атомами кислорода и больше не может присоединить к себе ни одного кислородного атома, то есть не может вступить в реакцию окисления (а горение и есть окисление углерода).

Совсем иначе ведет себя углерод при газификации. В газогенераторах, представляющих собой вертикальную печь или шахту, уголь подают сверху, а воздух снизу (они движутся в противотоке). Слой угля в газогенераторе достигает 0,6 метра и более, его удерживает от падения колосниковая решетка. Нижний слой угля сгорает, как в топке паровоза, образуя углекислый газ и выделяя много тепла. На это расходуется весь кислород воздуха, подаваемого в генератор. Затем углекислый газ проходит через раскаленный, но еще не прореагировавший уголь, и углероду молекулы углекислого газа приходится делиться со своими собратьями — отдавать один из двух атомов кислорода.

В итоге получается угарный газ или окись углерода, которая уже может гореть на воздухе, так как имеет вакансию для кислорода.

Кстати, именно эта вакансия, свободная валентность и послужила причиной такому названию — угарный газ. Когда в обычной домашней печке закрывают заслонку, то есть прекращают подачу воздуха, а весь уголь еще не прогорел, тогда происходит образование угарного газа. Попав через дыхательные пути в кровь человека, окись углерода «отвлекает» гемоглобин крови от своих повседневных занятий — переноса кислорода от легких к тканям, и у человека начинается кислородное голодание, могущее привести даже к смерти.

Однако при газификации эта свободная валентность просто находка.

Одновременно из угля, как при сухой перегонке, выделяются пары смолы, различные горючие газы, влага. Все это вместе с окисью углерода и составляет генераторный газ.

Слой угля, лежащий в генераторе на колосниковой решетке, ученые условно разбили на зоны горения или окисления углерода, восстановления углекислого газа, сухой перегонки и подсушки.

Для того чтобы очистить газ от смолы, которая вовсе не является ценным горючим компонентом, применяют обращенный процесс газификации, отличающийся от прямого тем, что уголь и получаемый газ движутся в одном направлении, а воздух подводят таким образом, чтобы вырабатываемый газ проходил не через зоны сухой перегонки и подсушки, а через зону окисления. В этой зоне смола, представляющая сама по себе смесь различных веществ, разлагается на более простые молекулы, которые обогащают генераторный газ, в частности получается метан, близкий родственник того газа, который мы ежедневно зажигаем на кухонной плите.

Любопытную разновидность представляет собой газификация угля в подвижном слое. В этом процессе обрабатывают мелкозернистый уголь (диаметр частиц составляет менее 10 миллиметров). За счет того, что частички угля малы (значит и легки), а скорость воздушного и газового потоков велика, происходит как бы кипение угольного слоя, он постоянно перемешивается, частицы угля находятся во взвешенном состоянии, парят в раскаленной среде.

Таким образом, с одной стороны, используют мелкий низкосортный уголь, мало пригодный для других технологий, а с другой — добиваются наилучшего контакта угольных частиц с воздухом, то есть получают интенсивный, эффективный процесс.

Но, вдувая воздух, получишь газ только с одними, определенными параметрами, а ведь зачастую необходимо то увеличить теплоту сгорания газа, то повысить в нем содержание какого-либо компонента, то изменить другие свойства. Поэтому стали использовать различное дутье и получать газ с лучшими, разнообразными характеристиками.

Если при вдувании воздуха получают газ с теплотой сгорания всего 3500—4610 кДж/м^3, то, добавляя к воздуху пар, можно увеличить этот показатель до 5190—6550 кДж/м^3. А если применить смесь пара с кислородом, идущим под давлением 20—25 атмосфер, то низшая теплота сгорания генераторного газа возрастет до 15 540—16 000 кДж/м^3.

Весьма заманчиво предложение об использовании тепла ядерных реакторов для получения водяного опара в смеси с воздухом. Пар перегревают до 1600—1650 °C и он служит в генераторе одновременно и теплоносителем, и газифицирующим агентом. Благодаря тому что пар перегрет, расход угля можно существенно уменьшить, не ухудшая характеристики получаемого газа.

Особое место в развитии газификации угля занимает подземная газификация.

Еще в конце прошлого века великий русский ученый Д. И. Менделеев, имевший поистине энциклопедические знания и живо интересовавшийся всем, что может принести пользу Родине, посетив шахты в Донецке, убедился в реальной возможности превращать каменный уголь в ценный газ прямо в его пластах под землей. Частые подземные пожары в шахтах, уничтожавшие огромные запасы угля, лишний раз убедили Д. И. Менделеева в этой мысли: заставить подземный огонь служить людям. Автор более пятисот научных трудов в разных отраслях техники, химии, физики, агрономии, сельского хозяйства и экономики он не переставал активно пропагандировать пользу подобного мероприятия.

В 1888 году Д. И. Менделеев писал: «...настанет, вероятно со временем даже такая эпоха, что угля из земли выламывать не будут, а там, в земле, его сумеют превращать в горючие газы и их по трубам будут распределять на дальние расстояния».

Четверть века спустя английский химик В. Рамсей технически разработал эту идею. Но участь обоих предложений оказалась одинакова: их встретили холодно и дальнейшего развития в то время они не получили.

В. И. Ленин, ознакомившись с идеей подземной газификации, дал ей высокую оценку. 4 мая 1913 года «Правда» напечатала его статью «Одна из великих побед техники». «Громадная масса человеческого труда, употребляемого теперь на добывание и развозку каменного угля, была бы сбережена. Использовать можно было бы даже наиболее бедные и неразрабатываемые ныне залежи каменного угля. Расходы на освещение и отопление домов понизились бы чрезвычайно. Переворот в промышленности, вызванный этим открытием, будет огромен»[1], — так писал В. И. Ленин о подземной газификации.

Практическая же реализация идей подземной газификации углей стала возможной только в условиях социалистического общества. Постепенно, после большого количества исследовательских работ перешли к промышленному внедрению этого метода.

На сегодня разработаны шахтная и бесшахтная газификации, которые отличаются в первую очередь объемом горно-подготовительных работ.

Суть бесшахтной газификации состоит в том, что с поверхности земли бурят вертикальные скважины, отстоящие друг от друга на расстоянии 25—35 метров, после чего эти скважины соединяют каналом газификации по угольному пласту. Последняя операция получила название сбойки скважин. Иногда сбойку осуществляют, перемещая очаг горения в угольном пласте, образуя таким образом воздухопроницаемые каналы. Можно взламывать пласт воздухом высокого давления или изменять структуру угля с образованием прококсованных воздухопроницаемых каналов с помощью электрического тока. Применяют и гидравлическую сбойку водой, подаваемой в скважины под высоким давлением. Вариантов много. Но одно очевидно — метод перспективен. В настоящее время в СССР имеется несколько промышленных станций подземной газификации, которые работают на бурых и каменных углях.

Энергетический голод, охвативший сегодняшний западный мир, порождает один за другим проекты использования чего угодно, лишь бы в результате получилось горючее. Французский инженер Ротлисбергер утверждает, например, что избавит мир от забот по поводу нефти и бензина. Он предлагает получать горючее из овощей и травы и уверенно предлагает проверить расчеты: из одной тонны зелени можно получить 400 литров «бензина», значительно более дешевого, чем обычный. Хотя французские эксперты и признали идею неудачной, изобретатель утверждает, что в американском штате Небраска в скором времени начнет работать завод «овощного бензина».

Но стоит ли так усложнять вопрос? Да, существует сегодня проблема нехватки горючего. Но одновременно имеется метод (уже оправдавший себя на деле) гидрогенизации (или ожижения) угля.

В этой связи уместно также заметить, что газовый конденсат

---

[1] *Ленин В. И.* Полн. собр. соч., т. 23, с. 94.

(белесую, со специфическим запахом жидкость), долгое время считавшуюся бесполезным спутником природного газа и поэтому впустую сжигавшуюся миллиардами кубометров, тоже научились перерабатывать в моторное горючее.

Так что перспектива есть и совсем не такая безрадостная, как представляют ее миру нефтяные магнаты, сознательно тормозящие развитие исследований по переработке твердых горючих ископаемых в жидкое топливо, чтобы поднять цены на нефть и получить прибыли.

Ну, а наш разговор об угле, о том, как превратить его в жидкое вещество.

По сути гидрогенизация — это процесс, при котором высокомолекулярные соединения, составляющие уголь, превращаются в смесь низкомолекулярных соединений, насыщенных водородом. На первых заводах гидрогенизации, появившихся лет тридцать назад за рубежом, для получения бензина и солярового масла требовалось обеспечить давление до 700 атмосфер с одновременным подогревом исходного сырья до 500° С. Выход же готового продукта был удручающе низок. Пятая часть сжиженной органической массы переходила в неутилизируемое газообразное состояние. Самое неприятное с точки зрения технологии заключалось в том, что для поддержания процесса необходимы были «инъекции» атомарного водорода. А в чистом виде этот газ достаточно дóрог.

Следовательно, надо было искать какие-то новые пути: изменять технологию, придумывать иную аппаратуру, применять более эффективные, чем окись железа, катализаторы.

Одно из решений нашли ученые нашей страны. В Институте горючих ископаемых из бурых углей Канско-Ачинского бассейна, об освоении которого говорилось на XXVI съезде нашей партии, получили синтетический бензин, лишь на несколько октановых единиц уступающий своему натуральному собрату.

Реализации комплекса новых идей, вложенных в эту технологию, позволила почти вплотную приблизиться к нефтепродуктам как по себестоимости, так и по качеству полезных компонентов.

В первую очередь было снижено до 100 атмосфер давление и уменьшена температура подогрева; найдены новые катализаторы, заметно ускоряющие термохимические процессы, и, что особенно ценно, научились многократно использовать катализаторы, восстанавливая их каждый раз из золы сожженных в котлах побочных продуктов. В несколько раз сокращен расход дефицитного атомарного водорода.

В начале процесса исходные компоненты состоят из смеси мелкого или тонкоизмельченного угля с катализатором и мазутом; все это вместе образует сметаноподобную пасту — «кашицу». Продуктами процесса являются бензин, котельное и дизельное топливо и вдобавок к этому химические продукты. Степень переработки угля достигает 93 %, выход жидких продуктов 88 %.

Попутно была решена важнейшая экономическая проблема. Удалось построить цепочку превращений таким образом, чтобы выловить вредоносные соединения серы, которые хоть и в незначительных количествах, но все же содержатся в буром угле. Вступая в контакт с атомарным водородом, выделяющийся при переработке топливной массы сернистый газ превращается в сероводород. Последний же, как известно, может служить сырьем для получения многих ценных химических веществ.

Если в нефти и угле примерно одинаковое количество углерода (в среднем 87 %), то водорода содержится в нефти до 12 %, а в каменном угле — около 5 %. Значит, необходимо возместить этот недостаток, чтобы иметь полную аналогию. Поэтому процесс и получил название гидрогенизация (по-латински *гидрогениум* — водород).

Гидрогенизации могут быть подвергнуты не только различные угли от бурых до антрацита, но и продукты термической переработки угля и сланцев—буроугольная, каменноугольная и сланцевая смолы, пек, газогенераторная смола и другие. Причем этот процесс в принципе можно перестраивать с топливного профиля на химический, то есть или получать горючие, содержащие простые молекулы углеводородов, или, наоборот, добиваться выхода таких жидких высокомолекулярных соединений, из которых затем легко можно было бы получить необходимый химический препарат.

Гидрогенизация — перспективный метод, дающий человеку возможность в очень широких пределах варьировать выход тех или иных веществ. Например, при низкотемпературной гидрогенизации выход толуола и ксилола по сравнению с коксованием увеличивается в 15 раз, нафталина — в 5—8 раз, фенолов — в 60—80 раз. В разных странах в последнее время к решению проблемы получения синтетического топлива привлекают все больше специалистов различных областей знания.

В ФРГ, например, правительство финансировало 14 программ научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по переработке угля на общую сумму около 13 миллиардов марок ФРГ. В научно-исследовательском центре Вестфильд (Великобритания) ведутся работы по производству из угля синтетического газа. Предложена технологическая схема сжижения угля для условий Шотландии и Канады. Фирма «Sasol» (ЮАР) предлагает США и другим странам купить лицензии на реализованный процесс производства жидких топлив из угля. В прессе появилось сообщение о крупном проекте по производству жидкого топлива из угля в Японии; с этой целью создается корпорация при участии фирм США, ФРГ и Японии с общим капиталом 1,2 миллиарда долларов. Комиссия европейского экономического сообщества опубликовала условия конкурса на проекты демонстрационных установок для ожижения и газификации угля...

Работы ведутся широким фронтом, но чисто технические проблемы нередко усугубляются внутрикапиталистическими противоречиями.

Начаты совместные разработки и в социалистических странах. «Учитывая растущие потребности в моторном топливе, — заявил товарищ Н. А. Тихонов на XXXV заседании сессии СЭВ, состоявшейся 2—4 июля 1981 года в Софии, — мы считаем целесообразным расширить сотрудничество и в области синтетического жидкого топлива. Соглашения о научно-техническом сотрудничестве по этому вопросу нами подписаны с ПНР и ГДР. Полагаем, что работу следовало бы активизировать и в рамках СЭВ, направив ее на быстрейшее получение практических результатов. Мы могли бы рассмотреть в принципе возможность участия стран СЭВ в проработке вопроса о производстве синтетического топлива на базе углей Канско-Ачинского бассейна»[1].

---

[1] Политическое самообразование, 1981, № 9, с. 41.

Два рассмотренных процесса — гидрогенизация и газификация — схожи меж собой тем, что в обоих используют дополнительный реагент (водород или кислород). Ну а если представить процесс, подобный тому, при котором выделяется светильный газ.

Есть и такой процесс. Он получил название полукоксования. Полукоксование угля и горючих сланцев, близких к углю по происхождению, получило распространение еще в начале прошлого столетия. Но в связи с опережающим развитием нефтяной промышленности полукоксование отошло на второй план.

Начиная со второго десятилетия нашего века возникла, как мы уже отмечали, потребность в изыскании методов производства жидкого топлива. Процессы гидрирования и крекинга, рожденные в нефтехимии, стимулировали развитие полукоксования, так как появилась возможность получать моторное топливо из смолы полукоксования.

Собственно процесс заключается в равномерном прогреве угольной загрузки до 500—550° С без доступа воздуха и без введения каких-либо дополнительных агентов. В результате получаются полукокс и парогазовая смесь. При охлаждении последней выделяют газ и смолу, которая в свою очередь является ценным химическим сырьем для производства бензина, лигроина, керосина, мазута, пека.

Полукокс — основной продукт этого процесса — представляет собой твердый углеродный остаток, характеризующийся высокой реакционной способностью. Получаемый из бурых углей он имеет также развитую поверхность, большую пористость, что зачастую определяет сферу его применения в качестве адсорбента. Полукокс является отличным топливом для различных топок и газогенераторов. Сжигание полукоксовой пыли в настоящее время также вполне освоено.

Темно-коричневая или золотисто-красная смола полукоксования намного ближе по химическому составу к нефти, чем исходный уголь (в ней на один атом водорода приходится восемь атомов углерода).

Для того чтобы получить из смолы жидкое топливо, ее подвергают обычной перегонке, то есть разделению составляющих ее веществ по температуре кипения. Но перед разделением из смолы удаляют фенолы и другие органические вещества, в состав которых входит кислород. Эти вещества являются ценным химическим сырьем — из них изготовляют, например, пластмассы, краски. Из буроугольной смолы полукоксования путем экстрагирования органическими растворителями можно выделить весьма ценный продукт — горный воск.

Кроме полукокса и смолы, образуются подсмольная вода, содержащая ряд растворенных веществ, часть из которых представляет ценное в технологическом отношении сырье, а также первичный газ. Его используют обычно на собственные нужды установки полукоксования — для обогрева печей. Помимо этого, содержащиеся в нем непредельные углеводороды могут быть использованы в производстве спиртов, а водород — в синтезе аммиака.

Конструкции печей полукоксования развивались по двум направлениям — печи с внешним обогревом и печи с внутренним обогревом. В последнем случае есть определенная схожесть с процессом газификации с той лишь разницей, что вводимый газ действует только как теплоноситель и не вступает в реакцию горения с углеродом.

Если в печах с внешним обогревом можно применять и твердый, и газообразный теплоноситель, и электричество, то в печах с внутренним обогревом работают обычно с газом, что, естественно, рез-

ко увеличивает количество и размеры конденсационной аппаратуры, так как теплоноситель и летучие продукты полукоксования удаляют одновременно. Возрастает расход энергии и воды, затрудняется улавливание смолы и газа, так как их концентрация уменьшается вследствие «разбавления» парогазовой смеси газом-носителем. И все-таки за счет своей простоты и возможности создания более мощных производительных печей принцип внутреннего обогрева получил бо́льшее распространение.

Перспективным методом полукоксования мелкого угля является ведение процесса в псевдоожиженном (кипящем) слое, принцип которого аналогичен газификации в кипящем слое. Теплоносителем в этом процессе является полукокс: часть выводят в качестве готового продукта, а часть оставляют в реакторе для смешения его со свежим топливом.

При условии пиролиза тяжелой (высокомолекулярной) части смолы можно преобразовать в газ, химические продукты и моторное топливо примерно 35 % органической массы каменных и около 25 % органической массы бурых углей.

Желание выделить больше жидких продуктов с одновременным стремлением получить углеродистый восстановитель лучшего качества, чем полукокс, дало жизнь новому процессу — среднетемпературному коксованию. Этот процесс похож на полукоксование с той лишь разницей, что используют термически обработанный уголь и нагревают его не до 550, а до 750—800° С.

Среднетемпературное коксование является рациональным для термической переработки слабоспекающихся углей с целью последующего получения моторного топлива и фенолов из смолы. Среднетемпературный кокс используют в качестве бездымного топлива (дыма нет, так как горит почти чистый углерод), а также для других энергетических целей.

Рассказ третий

О коксе и угле для кокса



Если хочешь рассказать интересную историю, поневоле приходится немножко отойти от привычного и повседневного.

А. Франс

Кокс — это твердый остаток, полученный путем нагревания до 1000 °С каменного угля без доступа воздуха, но не всякий уголь, залегающий в недрах, можно использовать для приготовления кокса. Поэтому следует рассказать, от чего зависят свойства углей.

«Уголь — это настоящий хлеб промышленности», — говорил В. И. Ленин. Как же сделала Природа этот «хлеб»?

* *
*

В геологическом отношении история Земли, в продолжение которой образовывался современный облик Земли, возникала и крепла жизнь, делится на отрезки, называемые эрами.

Один из пяти периодов палеозойской эры получил название каменноугольный, или карбон.

В те далекие века обширнейшие пространства занимали моря, бесконечная водная гладь уходила к горизонту, сливаясь вдали с ненастно мрачным небом, укутанным в свинцовые тучи.

Детство нашей Земли было бурным: моря сменялись сушей, острова исчезали под водой. Оболочка непрестанно изменяла форму, словно раздумывая, в каком виде ей предстать перед человеком.

Мелкие моря со множеством островов, как оспины, покрывали часть Европы, Азии, крайний запад Южной Америки, восточную часть Австралии.

Во второй половине карбона чудовищная сила, исходящая от центра Земли, стала выдавливать, будто из пластилина, горные хребты и кряжи Тянь-Шаня, Урал и другие горные массивы. Влажная атмосфера, насыщен-

ная парами гейзеров, дымом вулканов, казалось, специально была создана для пышной лесной и болотной растительности. Постепенно на дне болот скапливались стволы, сучья, гигантские листья, споры. Отмершие растения превращались в торф посредством длительных биохимических процессов. Затем торфяные болота затягивало песком, землей, снова вырастали непроходимые дебри. Так повторялось много раз. Время текло медленной рекой, казалось, оно совсем остановилось.

В одном из районов США ученые обнаружили остатки пятнадцати лесов, росших в этой местности в разное время и расположившихся один над другим, как в многоэтажном доме. Оказалось, что «нижний» этаж был «построен» около 20 миллионов лет тому назад.

Тысячелетиями торф спрессовывался, твердел, избавлялся от кислорода, усложнялась его структура.

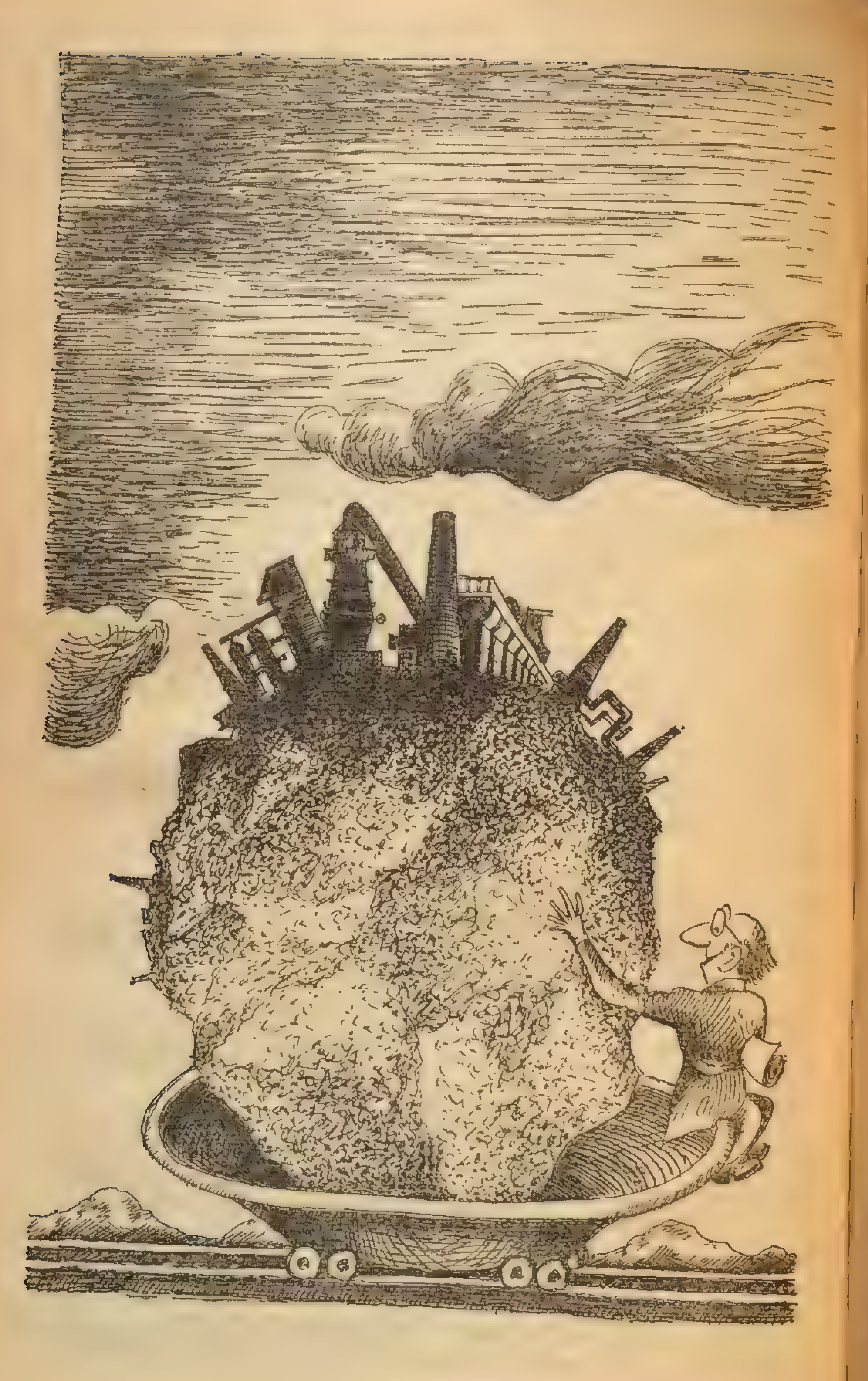
Вполне закономерен вопрос: «Происходят ли подобные процессы в наше время?» Конечно, да. Многие из вас видели, как по берегам небольшого озера или пруда из года в год вырастает все больше камышей и осоки, густая зеленая ряска покрывает иногда всю поверхность водоема. На дне отстаивается ил — скопление умерших растений. Понемногу озеро зарастает, превращается в болото, на дне которого образуется торф.

В нашей стране очень много торфяных болот. В Западной Сибири, например, насчитывается столько торфяников, что на их территории можно разместить Бельгию, Голландию и Данию.

Процесс образования торфа идет непрерывно. Ученые подсчитали, что каждый год гектар торфяного болота «тяжелеет» на одну тонну торфа. А вот образуется ли когда-нибудь из современного торфа уголь, остается только гадать: слишком различны условия, в которых происходят эти процессы, да и растительность изменилась.

Исследователи пришли к выводу, что свойства углей зависят от исходного материала, участвующего в процессе торфообразования, условий накопления этого материала, обводненности среды и ее химического состава. Небольшое изменение одного из условий повлечет существенные колебания свойств углей.

В зависимости от исходного материала угли подразделяют на гумусовые, сапропелитовые, липтобиолитовые. Гумусовые образовались из наземной растительности—





деревьев, кустарников. Липтобиолитовые — тоже из наземных растений, но отличающихся повышенной стойкостью: коры, смолы, спор, кутикул, других покровных тканей. Сапропелитовые же угли возникли в процессе преобразования различных водорослей.

Торф еще не уголь. После торфообразования начинается стадия углефикации — накопление углерода в органическом материале наряду с постоянным уменьшением содержания кислорода. Существуют два этапа — диагенез (превращение торфа в бурые угли) и метаморфизм (переход бурых углей в каменные и антрацит).

Бурые угли не содержат углеводородов, в них много карбоновых кислот, придающих кислотный характер этим углям и способность растворяться в слабых щелочах.

Каменные угли не имеют в своем составе кислот, оттого у них нейтральная реакция, они нерастворимы в щелочах.

Переход торфа в бурые, а затем в каменные угли сопровождается потерей значительных количеств влаги. Зрелость угля можно определить по содержанию в нем гуминовых кислот: в каменном угле они отсутствуют.

Если бурые угли только на 59—75 % состоят из углерода (4,5—6 % водорода и 20—30 % кислорода), то каменные отличаются более высокой степенью обуглероженности: 78—95 %. Рекордсменом по этому показателю является антрацит, он почти полностью (94—98 %) состоит из углерода.

Сапропелитовые угли, образованные из остатков водорослей, богатых жирами, называют жировыми углями, или богхедами. Они, правда, встречаются в чистом виде редко, обычно в смеси с большим количеством минеральных веществ или гумусовых углей.

К сапропелитовым образованиям относятся и сланцы. Они образовались в мелководных морских бассейнах в условиях нормального кислородного режима, оттого в их составе много минеральных веществ. Органической массы (керогена) в сланцах всего 20—55 %, много водорода, серы.

Геологическая летопись Земли помогает определить, почему пласты угля залегают неодинаково и почему уголь бывает таким разным. Оказывается, процесс образования угля не всегда идет плавно и постепенно. Антрацит — самый «зрелый» уголь — не обязательно

будет залегать в самых старых по времени отложениях. Все зависит от условий «созревания» угля. Если «колыбель» рождающегося угля была спокойна, как в Подмосковье, то получался бурый уголь, если же образование углей было связано с возникновением холмов и гор, как в Донбассе, то возникали мощные пласты каменного угля и антрацита.

Рассказ об угле — лишь одном из полезных ископаемых, которыми богата земная кора, — будет не полным, если не сказать о том, как используют в технике сырье, добываемое в недрах. В СССР, например, полезные ископаемые являются источником 95 % всей потребляемой в народном хозяйстве энергии, сырьем для производства более 90 % продукции тяжелой промышленности и 17 % товаров народного потребления; они же (полезные ископаемые) составляют около 70 % нашего экспорта. За последние четверть века доля СССР в мировой добыче полезных ископаемых возросла с 10 до 25 %.

Нас пока будут интересовать только каменные угли, которые занимают первое место среди всех углей по размерам использования и разнообразию применения. Точнее, не все угли, а лишь те, которые пригодны для производства кокса. У этих углей есть способность спекаться, т. е. образовывать при нагревании без доступа воздуха твердый остаток в виде одного более или менее прочного куска.

* *
*

В лаборатории способность угля спекаться определяют так. Размолотый уголь нагревают в закрытом тигле без доступа воздуха до 800 °С. При такой температуре зерна углей некоторых марок как бы склеиваются между собой. Получается твердый остаток или коксовый королек — значит уголь коксующийся. Очень многие угли не дают спекшегося твердого остатка при нагревании. Такие угли называются неспекающимися.

Для коксования в угольных бассейнах СССР добывают длиннопламенные (их сокращенно обозначают буквой Д), газовые (Г), газожирные (ГЖ), коксово-жирные (КЖ), жирные (Ж), коксовые (К), отощенно-спекающиеся (ОС), тощие (Т) и другие угли.

Угли марок ОС, Т, Г, ГЖ и Д дают плохой кокс. Остальные марки в достаточной мере обладают способностью образовывать кокс.

Коксующиеся угли добывают в нашей стране в Донецком, Кузнецком, Карагандинском, Кизеловском, Печорском бассейнах, а также в некоторых месторождениях Грузинской ССР, Средней Азии, Восточной Сибири, Западной Украины.

В каждом месторождении угли даже одной марки (по вполне понятным нам теперь причинам) обладают неодинаковыми свойствами. Поэтому для каждого бассейна устанавливают свой стандарт с учетом всевозможных факторов.

Для получения хорошего кокса (а чуть позже мы узнаем, что подразумевают под словами «хороший кокс») уголь перед коксованием специально обрабатывают.

В добытом в шахте угле содержится много минеральных примесей, пустой породы. Кроме того, куски угля весьма различны по размеру, поэтому такой уголь перед коксованием направляют на обогатительную фабрику, где специальные машины его обрабатывают, то есть удаляют пустую породу, вредные примеси. С этой целью уголь дробят, просеивают, моют, перемешивают, сушат. Все операции на обогатительной фабрике имеют одну цель — очистить уголь от минералов, которые дадут при сгорании золу, и уменьшить содержание вредных примесей — серы, фосфора и других.

На современных обогатительных фабриках установлены десятки сложных машин и механизмов. Это дробилки, превращающие крупные куски угля в куски нужного размера, и грохоты, разделяющие общую массу угля на классы по крупности кусков; машины для обезвоживания и сгущения углей и аппараты, отделяющие пыль; всевозможные насосы, элеваторы, компрессоры, ленточные конвейеры и другое оборудование.

Обогатительные фабрики строят как при шахтах, так и при коксохимических заводах. Если завод не имеет своей фабрики, то уголь для коксования доставляют уже обогащенным. В зимнее время обогащенный уголь, содержащий много влаги (до 10 %), смерзается в пути. Поэтому вагоны с углем помещают в гаражи, где мощными струями горячих газов его размораживают и подают на разгрузку. Разгружает вагоны вагоноопроки-

дыватель. Всего 2—3 минуты. До тысячи тонн угля разгружает такой вагоноопрокидыватель за час, заменяя тяжелый труд 300 человек. Из бункеров по подземным галереям, наземным стальным мостам непрерывным потоком по транспортерам уголь поступает в углеподготовительный цех.

Коксохимические заводы получают угли различных марок (чуть позже мы расскажем почему) с разных обогатительных фабрик. Эти угли располагают на складе либо отдельными штабелями, либо помещают в отдельные бункера.

Из углей, находящихся на складе, составляют смесь — шихту, которая пойдет затем в коксовые печи. Но прежде чем загрузить в печную камеру, уголь дополнительно обрабатывают в углеподготовительном цехе.

В отделении предварительного дробления угли измельчают в дробилках, а зачастую здесь же механически отбирают из потока угля металлические предметы, попавшие туда при добыче, обогащении и транспортировании.

Угли различных марок компонуют в шихту в дозировочном отделении. Предположим, что для получения хорошего кокса нужна шихта, сотоящая из 25 % газовых, 35 % жирных, 22 % коксовых и 18 % отощенно-спекающихся углей. Под бункерами дозировочного отделения движется конвейер. По команде оператора специальные автодозаторы отмеривают из каждого бункера нужное количество заказанного угля, взвешивают его и равномерно подают на ленту конвейера. Эту смесь остается лишь тщательно перемешать и довести куски до требуемой величины. Делают все это в отделении окончательного дробления и в сместительном отделении.

Следующим и конечным пунктом перед загрузкой в печную камеру является угольная башня — огромное железобетонное хранилище, состоящее из нескольких бункеров. На высоту около 50 метров по наклонному мосту поднимает транспортер шихту и заполняет ею бункера башни.

Современные углеподготовительные цехи коксохимических заводов механизированы и автоматизированы — от разгрузки угля и до подачи готовой шихты в угольную башню.

В современном цехе подготовки угля во время работы людей почти не видно. Сотни метров, а иногда и километры конвейерных лент непрерывно мчат то на склад, то со склада и разносят блестящие шлейфы угля по отделениям цеха. Различные машины и механизмы, установленные на пути транспортеров, подхватывают уголь, выполняют различные операции, подчиняясь командам с пульта управления.

Обогащение угля — первый важный этап получения кокса однородной структуры, с высокими механическими свойствами и улучшенными физико-химическими характеристиками. Например, в процессе обогащения вместе с отходами удаляется около трети всей серы, содержащейся в угле (и чем больше в угле пиритов — одного из видов соединений серы, тем больше удаляется из него серы)...

Видите, как много надо учитывать коксовику еще до того момента, когда начнется «выпечка» коксового пирога. Чтобы сделать точный и правильный расчет, необходимо обладать определенными знаниями. Не обойтись ему без химии, физики, механики, термодинамики, теплотехники, гидродинамики и других интересных технических дисциплин. Имея дело с таким «историческим» материалом, как уголь, он должен разбираться в геологии, палеонтологии, представлять себе историю нашей планеты и многое другое...

Пока же направимся в коксовый цех. По специальной лестнице поднимемся на коксовую батарею. На верху батареи расположены машины и механизмы, приборы и автоматы. Здесь необходимы четкость и слаженность людей в работе...

Подготовленный уголь из угольной башни подают в загрузочный вагон, который имеет три — четыре конусообразных бункера (в зависимости от конструкции печей), и у каждого из них на конце имеется приспособление, с помощью которого загружают шихту в печную камеру, не поднимая пыли. То же приспособление после загрузки аккуратно подметет за собой, если вдруг мелкий уголь все же немного просыплется.

Загрузив уголь в печную камеру и подровняв верхнюю часть загрузки планирной штангой, размещенной на другой машине — коксовыталкивателе, начинают коксование.

* *
*

Как мы уже знаем, кокс выжигали в кучах, используя многовековую практику приготовления древесного угля. Такой процесс, во-первых, был слишком продолжителен: 12—14 суток; во-вторых, требовались значительные площади для получения необходимого количества кокса.

Такое производство кокса требовало больших площадей, поэтому в первой половине XIX века появились и получили весьма широкое распространение так называемые стойловые печи. Стены печей полутораметровой высоты имели длину 13—18 метров и располагались на расстоянии 2,5 метра одна от другой. На полуметровой высоте выкладывали ряд горизонтальных каналов, которые присоединялись к вертикальным. По этим каналам выходили выделяющиеся газы. С внедрением стойловых печей сократилось (до 8—10 суток) время, необходимое для проведения коксования, появилась возможность (правда, пока весьма примитивно) управлять этим процессом, а значит получать более однородный кокс.

Тридцатые годы прошлого века были ознаменованы крупнейшим достижением в коксовании угля: процесс стали вести без доступа воздуха. Появляются первые ульевые печи овальной формы, в которых потребное для коксования тепло получалось за счет сгорания части угля.

Через два десятилетия постоянных поисков более совершенной конструкции печей были введены в строй новые ульевые печи: под круглый, верх куполом. С целью облегчения обслуживания печи стали объединять в батареи по 30—40 печей в каждой. В одну такую печь можно загрузить 5—7 тонн угля, а продолжительность процесса уже исчисляли тремя сутками. Кокс гасили в самой печи и после охлаждения извлекали его из печи вручную.

В 50-х годах XIX века появились пламенные печи, конструкция которых резко отличалась от своих предшественниц: необходимое для коксования тепло получали путем сжигания в каналах, проделанных в поду и стенах , газов самого процесса. Так возникли пламенные печи с длинными (чтобы вошло больше) и узкими (чтобы прогрелось лучше) печными камерами призма-

тической формы, с чугунными дверьми, футерованными огнеупорным кирпичом. Длительность процесса сократилась и составила около 50 часов.

Уголь в пламенные печи загружали через люки, устроенные в своде, и после загрузки для герметичности плотно забивали их глиной. Печи подобной конструкции использовали только для получения кокса, абсолютно все выделяющиеся из угля летучие вещества сгорали в топочных каналах, а если что и оставалось, то догорало в дымовой трубе.

Следующим закономерным шагом явилось выделение в отдельные конструктивные элементы: печную камеру и обогревательный простенок. Теперь они не сообщались. Полученные летучие продукты коксования можно было удалить из печной камеры, выбрать из газа все ценные компоненты, очистить газ и часть вернуть на обогрев печи. Последовало новое сокращение периода коксования (до 40 и менее часов), повысилась производительность батарей.

Помимо улавливания химических продуктов (об этом речь пойдет в следующем рассказе), стало возможным регулировать количество газа, идущего на обогрев печи, а избыток газа использовать в других целях. Но главное состояло в том, что регулирование обогрева значило регулирование качества кокса.

Последняя четверть XIX века, вообще богатого на технические новинки и научные достижения, была отмечена появлением первых регенеративных коксовых печей. Суть работы этих печей заключалась в следующем. Воздух, необходимый для сгорания отопительного газа в обогревательном простенке, поступал уже нагретым. Подогрев происходил в специальных воздухонагревательных приспособлениях — регенераторах. Сам же регенератор нагревался за счет тепла отходящих продуктов сгорания отопительного газа. Вот такое кольцо получилось: сначала газ отдает тепло регенератору, а потом регенератор нагревает воздух, который несет это тепло еще не сгоревшему газу.

Регенеративные печи дали новый скачок производительности: время коксования уменьшилось вдвое. Кроме того, на обогрев расходовалась половина газа, получившегося при коксовании.

Но и эти достижения в коксовом производстве вско-

ре перестали удовлетворять специалистов. Их интересовал вопрос, как повысить температуру обогрева, уменьшить продолжительность коксования, увеличить производительность печей.

Это была еще одна, которая уже по счету, труднейшая задача. А помогли решить ее огнеупорщики.

Немного отвлекаясь, стоит сказать, что сегодняшняя наука, техника, промышленность немыслимы в чистом виде. Только слияние различных дисциплин может дать положительные результаты. Именно поэтому, а не для красного словца мы, говоря о том, что должен знать коксохимик, называли, на первый взгляд, весьма отдаленные от темы предметы. Вспомните, сколько за последние десятилетия возникло новых наук, взяв себе за основу две или даже несколько других — геохимия, биогенетика, биохимия, астрофизика и множество иных. А распространение математики в совершенно гуманитарных областях. Да, это веяние времени. И успеха достигает тот, кто будет искать на стыках наук, там, где встречаются их интересы...

Огнеупорщики предложили другой огнеупорный материал для строительства коксовых печей. Старый шамот заменили на динас. Попутно инженеры-коксовики изменили сечение отопительных каналов и сузили печную камеру. В итоге продолжительность коксования составила 14—16 часов. Вообще к огнеупорам коксовики предъявляют очень строгие требования, да иначе и не может быть, ведь от них зависит качество кокса. Но, к сожалению, в настоящее время пока не существует такого огнеупора, чтобы всем был хорош. В чем-то подходит один, в чем-то другой. Оттого и выкладывают различные зоны кладки разными огнеупорами.

Современная коксовая печь представляет собой узкую и высокую камеру прямоугольного сечения, стенки которой выложены из динасового огнеупорного кирпича. Печная камера — это рабочее пространство печи. По обеим сторонам печной камеры расположены обогревательные простенки, состоящие из отопительных каналов. Стенка печной камеры является одновременно стенкой обогревательного простенка. Под печными камерами расположены накопители тепла — регенераторы.

Над печной камерой располагаются перекрытия и теплоизоляционный слой для сохранения тепла, которое имеет важное значение в процессе коксования.

В своде камеры находятся загрузочные люки, через которые шихта под действием силы тяжести загружается в печную камеру.

Коксовые печи объединяют в батареи. Количество печей в батарее в разных странах различное. Это зависит и от конструкции, и от сложившихся традиций. В СССР наиболее распространены батареи с 65 и 77 печами. Таким образом получается, что один обогревательный простенок обслуживает две печные камеры, точнее две половины двух печных камер (кроме, конечно, крайних в батарее обогревательных простенков).

С одной стороны батареи (машинной) коксовыталкиватель мощной штангой, как поршнем, выталкивает кокс из камеры. Другая сторона, где из печи в тушильной вагон сыплется кокс, называется коксовой. Печная камера немного расширяется от машинной к коксовой стороне, чтобы легче выходил готовый кокс.

Во время ведения процесса коксования печная камера герметически закрыта и самоуплотняющиеся двери с огнеупорной футеровкой не пропустят внутрь воздух, ибо, попадая в печную камеру, кислород мгновенно вступает в реакцию с горячим углеродом кокса и начинается горение, то есть переход углерода в газообразные окислы. Неизбежны потери кокса.

Да и вообще кислород — элемент, без которого, казалось, ничто на земле не может существовать, враг кокса на протяжении всей его «жизни» до доменной печи. Присутствуй кислород в тех древних болотах — не было бы торфа; попади торф из недр земли на поверхность, на воздух — не стало бы угля; перележи добытый уголь на открытом складе, окислись вездесущим кислородом (а иногда это кончается пожаром) — не получилось бы кокса.

В подавляющем большинстве в СССР строят коксовые печи с комбинированным обогревом (то есть их можно отапливать доменным или коксовым газом), горизонтально расположенными печными камерами, вертикальными отопительными каналами. Все печи используют тепло отходящих газов в регенераторах; при этом различают печи с поперечными и продольными регенераторами. Поперечные расположены вдоль оси печных камер и перпендикулярны оси всей батареи.

За довольно короткий срок было предложено много различных конструкций печей. Каждый конструктор,

каждая фирма в силу разного рода причин (в том числе и рекламного, коммерческого характера), используя одни и те же общие принципы, довольно разнообразно решали частные вопросы, неодинаково выполняли те или иные конструктивные элементы. Поэтому появлялись и продолжают появляться и по сей день коксовые печи, отличные друг от друга то одним, то другим элементом.

В первую очередь это происходит от того, что не создана пока (и, вероятно, никогда не будет создана) конструкция печи, абсолютно удовлетворяющая коксовиков всех стран, работающих в различных условиях с весьма непохожим сырьем.

Взять хотя бы в качестве примера проблему равномерного обогрева коксовых печей. Сжигая газ в нижней части отопительного канала, мы получаем короткое горячее пламя, которое передает через стенку больше тепла нижним слоям угольной загрузки, чем верхним.

Неравномерность обогрева удлиняет период коксования; сокращает производительность печи; в одной печной камере (а уж тем более на всей батарее) получают неоднородный по своим физико-химическим и механическим свойствам кокс; увеличивается расход тепла на обогрев; уменьшается выход химических продуктов коксования.

Чего только не придумывали ученые и инженеры, чтобы избавить печи от этого недостатка. И попеременно подводили пламя то сверху, то снизу; и вводили воздух, необходимый для сгорания газа, порциями на разной высоте, вытягивая таким способом факел пламени; и сужали верхнюю часть печной камеры; и создавали конструкции, в которых горелки попеременно работали на разной высоте... Много было мороки.

Все понимали, что надо каким-то образом вытянуть пламя, увеличить время его жизни. Были организованы специальные лаборатории, занимающиеся «геронтологией» пламени.

Немецкий инженер Копперс предложил замедлить горение газа, удлинить факел, добавив в отопительный газ какой-нибудь инертный компонент. Оказалось, что инертный компонент был буквально под рукой: собственный дым печей, продукты сгорания отопительного газа. Появилась рециркуляция — частичный возврат сгоревших продуктов (инертных веществ) в отопительный газ. Принцип рециркуляции был впервые применен профессо-

ром В. Е. Грум-Гржимайло и развит академиком Н. П. Чижевским.

Даже краткое описание печей различной конструкции, работающих в настоящее время, заняло бы очень много места, да это и не входит в нашу задачу. Достаточно упомянуть о старых печах ПК-42, ПК-45, ПК-47 (ПК — значит с перекидными каналами), более новых ПК-2К и совсем новых ПВР с нижним подводом воздуха и отопительного газа.

Описание конструкции коксовой печи было бы неполным, если не сказать несколько слов об армировании.

Каждому из нас еще из школьного курса известно, что тела (в большинстве своем) при нагревании расширяются. Не исключение из этого правила и огнеупорные кирпичи, которыми выложена печь. Как ни стараются огнеупорщики подобрать такой материал, который бы не расширялся при нагревании, — сделать это очень трудно.

Кроме того, коксовая батарея подвергается значительным механическим нагрузкам: по верху развозит уголь углезагрузочный вагон, коксовыталкиватель выдавливает многотонный коксовый пирог. Поэтому коксовые печи закрепляют (армируют) и вдоль, и поперек. По длине печных камер (поперек батареи) армируют с помощью армирующих бронерам и мощных анкерных колонн, скрепленных вверху и внизу специальными стяжками; по длине батареи ее закрепляют посредством упорных стен, составляющих единое целое с железобетонной фундаментной плитой. Эти упорные стены называют контрфорсами.

За состоянием армирующего оборудования коксовики всегда очень строго следят, так как от этого зависит сохранность кладки коксовых печей, продолжительность их эксплуатации, а значит производительность батарей и качество кокса.

А теперь заглянем внутрь печной камеры — пространства, в котором непосредственно происходит «выпечка» коксового пирога.

Кстати, название «коксовый пирог» появилось не случайно. Первые коксовые печи были во многом подобны тем печам, в которых немецкие булочники выпекали сайки, батоны, пироги...

Печная камера — прямоугольная призма, в основании которой трапеция, — имеет высоту от 4 до 7 метров, ширину 400—500 миллиметров, длину 14—16 метров. Увели-

чение объема печной камеры (и количества загружаемого угля) вызывает весьма существенную перестройку всей технологии ведения процесса.

Значит надо найти из трех размеров (длина, ширина, высота) самый «безопасный» с точки зрения качества получаемого кокса, найти такой размер, который бы одновременно давал наибольший прирост выхода кокса. Самым подходящим оказывается высота. Правда, возникают дополнительные трудности, связанные с обеспечением равномерного обогрева массива угольной загрузки. Но что делать — сегодняшняя наука и техника идут по пути компромиссов, давно ушли в прошлое те времена, когда выбирали лучшее, сейчас оценка идет по принципу: из двух зол — меньшее.

Вообще наука и техника будущего, которые возникают на наших глазах и при нашем непосредственном участии, утрачивают строгую классичность своих очертаний, приобретают свойство могущественной многосторонности. Сама по себе сложность изучаемого и преобразуемого мира вынуждает нас отказаться от веры в непогрешимость избранной системы познавательных установок и требует большей сознательности и гибкости в обращении с этими установками.

И вот одну за другой строят в нашей стране все более мощные батареи производительностью около 950 тысяч тонн кокса в год, имеющие высокие печные камеры, достигающие 7 метров. В коксохимии, как и в градостроительстве, наращивают «этажность» аппаратов и оборудования, добиваясь таким образом увеличения производительности, давая все больше столь необходимого народному хозяйству кокса.

* * *

Известно, что все твердые тела при воздействии тепла изменяют свое агрегатное состояние. Одни вещества переходят из одной фазы в другую при более низкой температуре, другие — при более высокой. Одни проходят классический путь — из твердого в жидкое, а затем в газообразное состояние. Другие обходятся одним переходом, иные (всем известный пример сухой возгонки иода) ведут себя оригинально. К «оригиналам» следует отнести и уголь. При температуре 380—420 °С он размягчается, из него выделяются всевозможные вещества в виде газов

и паров. Эти пары и газы улетучиваются, оттого они и получили название летучие вещества.

Затем наступает момент, когда температура неуклонно поднимается, а жидкоподвижная масса при 450—500 °C вдруг начинает твердеть. И что бы мы ни делали — процесс необратим. Хоть нагревай дальше, хоть прекращай подачу тепла, хоть заливай холодной водой — все равно то, что получилось (полукокс), затвердевает. Прочность твердого тела будет нарастать вместе с температурой до тех пор, пока при 1000 °C не образуется кокс.

Процесс коксования в печной камере промышленной печи идет одновременно с двух сторон от двух греющих стенок и поэтому как бы в два раза быстрее.

После достижения в пристенных слоях угля температуры около 350 °C два образовавшихся пластических слоя (площадь каждого равна площади боковой стены) начинают двигаться навстречу друг другу. Известна скорость, с которой они стремятся к оси печной камеры, — около 30 миллиметров в час. Стало быть через 10—12 часов эти плоскости размягченного материала сомкнутся и, спустя некоторое время, процесс коксования заканчивается.

Понятно, конечно, что, увеличив скорость распространения пластических слоев, можно сократить период коксования, а значит и повысить производительность батареи. Но подобное увеличение скорости — сложнейшая техническая задача. Слишком многое надо учесть, изменить сложившиеся взгляды на процесс коксования, чтобы создать практически новый (да, да, именно новый и в технологическом, и в аппаратурном оформлении) процесс «выпечки» кокса.

Если мысленно разрезать печную камеру поперек и наблюдать зарождение и прохождение слоев, то мы заметим, как сначала выделяется из загруженного угля влага, он «подсыхает» и нагревается. Затем возле стен образуются пластические слои, которые словно кипят: сквозь вязкую массу размягченного угля с трудом пробулькивают летучие продукты коксования. Пластические слои отходят от стенок печной камеры и начинают медленное движение к центру камеры; позади слоев остается твердое вещество — полукокс. Фронт пластических веществ продолжает движение, оставляя за собой полу-

кокс, который через некоторое время превращается в кокс.

«Моментальная фотография» поперечного разреза печной камеры выглядит так: стенка камеры, кокс, полукокс, пластический слой, прогретый уголь, затем снова (как в зеркальном отражении) пластический слой, полукокс, кокс, противоположная боковая стенка печной камеры.

Наступает время (через 10—15 часов с начала коксования) и два пластических слоя, только что двигавшихся навстречу, сливаются в один (его еще называют смоляным швом). Дальнейшее увеличение температуры приводит к исчезновению серединного слоя; его, как и во всем процессе, заменяет сначала полукокс, а затем после достижения в этом месте температуры примерно 1000°С — кокс.

Переход из пластического состояния к полукоксу и коксу сопровождается значительными усадочными явлениями во всех направлениях. Поэтому коксовый пирог, во-первых, отходит от боковой стенки печной камеры; во-вторых, его пронизывает целая сеть крупных и мелких, пересекающихся и расходящихся трещин; в-третьих, он оказывается как бы разорванным пополам, по линии образования осевого смоляного шва.

Заранее, безусловно, можно предположить, что кокс, получившийся самым первым у стенки печной камеры, будет в чем-то отличаться от того кокса, который был получен на последних часах процесса, в сердцевине загрузки.

И действительно, даже внешний вид этих коксов весьма различен: кокс, расположенный со стороны греющей поверхности, имеет форму цветной капусты; тот же, который оказался внутри, будет губчатым с крупными порами.

Кроме того, внешний вид и характер трещин у кокса, полученного из углей разных марок, неодинаковы. Жирные угли, например дающие текучую однородную пластическую массу, способствуют образованию линзовидных пор. В результате внутренних напряжений в коксе возникают трещины вдоль линзовидных пор поперек куска, то есть обнаруживаются дополнительные (помимо нормальных продольных) трещины. Коксовые угли дают кокс с меньшей трещиноватостью. Газовые и им подобные по составу угли при нагревании не переходят

в однородный расплав и поэтому при усадке образуется много трещин вдоль куска кокса.

Вспомним многовековую историю формирования вещества угля из растительных остатков и вполне обоснованно предположим, что состав угля должен быть очень разнороден. Да, так оно и есть. Уголь человечеству известен многие века, однако ни одному человеку в мире до сих пор не удалось «написать» его формулу. За это время были раскрыты тайны ядра и микромира, ученые смогли заглянуть в беспредельный космос, но разгадать строение угля пока так и не смогли. Мы знаем, из каких элементов соткано вещество угля, ученые и исследователи определили отдельные функциональные группы, которые состоят из этих элементов, предполагают, из каких еще молекулярных блоков составлен этот, образно говоря, преобразованный солнечный луч, дискутируют, какие вещества участвуют в том или ином процессе (скажем, при коксовании). Но точного, вполне определенного ответа на вопрос «каково строение угля?» до сих пор не знаем.

Ответ, бесспорно, будет найден. Порукой тому все возрастающий объем исследований, привлечение квалифицированнейших специалистов из других областей знания, не имеющих стандартов мышления, свойственных узким профессионалам. Успех близок ...

Заметим, сколь ценно иногда бывает слово, взгляд специалиста из другой области знания. Вот, что по этому поводу писали А. Эйнштейн и Л. Инфельд: «Удивительно, что почти все фундаментальные работы о природе теплоты были сделаны не физиками-профессионалами, а людьми, которые рассматривали физику как свое любимое занятие». Они имели в виду шотландца Д. Блека, немецких врачей Р. Майера и Г. Гельмгольца, английского пивовара Д. Джоуля.

Примерно то же самое происходило, происходит и, по всей вероятности, будет происходить и в других науках. Даже такая дисциплина, как математика, многим обязана специалистам из других областей: юристам П. Ферма, Г. Лейбницу и отцу буквенной алгебры Ф. Виету, филологам Л. Эйлеру из Петербургской академии и немецкому ученому Г. Грасману. Или взять, например, судьбы двух известнейших французских математиков Д. Д'Аламбера и С. Пуассона. Первый оставил доходное место врача и «предался математике и бедности», второй вознамерился было стать цирюльником, но тоже порвал с этой доходной и престижной по тем временам профессией.

Даже простое перечисление впечатляет. Математик Р. Декарт был по профессии военным. Крупные открытия в астрономии делает юрист Э. Хаббл. Филолог Л. де Бройль стал одним из основоположников квантовой механики, а полтора десятка лет спустя лингвист по образованию американец У. Таунс поделил с Н. Басовым и А. Прохоровым Нобелевскую премию за конструирование лазера.

Бедный конторский служащий из Индии С. Рамануджан получает блестящие результаты в теории чисел, а английский врач-психиатр Р. Эшби — в кибернетике...

Но исключения лишь подтверждают правило: история научных открытий свидетельствует, что больший успех все-таки чаще сопутствует исследователям, наделенным разносторонними увлечениями и умеющими полноправно «переключаться» с одной проблемы на другую (Л. Пастер, А. Гумбольдт, Д. Менделеев, В. Вернадский).

Что дает решение этой задачи? Очень многое. Зная все, абсолютно все с предельной точностью, а не приблизительно, зная свойства и поведение того или иного соединения в тех или иных условиях, можно будет и заранее предугадать качество получаемого кокса, и влиять на его качество предварительно отработанным способом, следовательно, эффективно расходовать каждую тонну угля — этого драгоценного ископаемого. (Эпитет «драгоценный» употреблен не ради красного словца. Все, что нам дает Природа, будь то традиционно благородный металл или драгоценный камень или же невзрачная на вид руда, — все это в силу исчерпаемости и невосполнимости запасов становится без преувеличения драгоценным.)

Так вот именно разнородность состава угля (а для случая коксования это можно представить как взаимное существование двух групп компонентов — одни плавятся при нагревании, другие нет) привела в конечном счете к работе с шихтами — смесями углей разных марок.

Салат, который вы едите для повышения аппетита и улучшения усвояемости обеда, идущего вслед за салатом, — тоже смесь. Смесь продуктов с разными вкусовыми и питательными свойствами, причем некоторые из этих продуктов достаточно употребить в малом количестве, чтобы получить максимальный эффект. Салат, таким образом, можно назвать формой концентрирования питательных веществ, совокупностью, широким спектром витаминов; вообще говоря, салат — новый, не произрастаемый в природе продукт.

Аналогичным образом можно представить шихту. Например, как совершенно новый, необыкновенный уголь, который не добыть ни в одной шахте, но который обладает набором свойств, выдвигающим его на первое место среди других, так сказать, природных углей.

В таком случае закономерен вопрос: «Какие же угли соединить в шихту для коксования?».

Ответ одновременно и прост, и сложен. Надо брать такие угли, которые дадут хороший кокс!

* *
*

Кокс имеет значительный круг потребителей с довольно разными требованиями к его качеству. Это в первую очередь доменщики [конечно, потребителями являются не сами доменщики, а доменные печи, но именно люди, обслуживающие эти печи (доменщики), предъявляют суровые требования к его качеству]. В доменное производство направляется основная масса вырабатываемого кокса. Поэтому традиционно сложилось деление всего выпускаемого кокса на доменный и недоменный, то есть идущий в другие производства.

Расскажем коротко о потребителях недоменного кокса. Металлурги используют кокс в вагранках для литья изделий разных форм. Отсюда и его название — ваграночный или литейный. Этот кокс используют только как высококалорийное топливо: добиваются полного сгорания углерода до диоксида. В связи с тем что вагранка много ниже домны, прочность литейного кокса допускается меньшей, чем доменного кокса. Так как литье — процесс одностадийный (в отличие от двойного сталеплавильного передела), кокс для этого процесса необходим максимально возможной чистоты, особенно по содержанию серы. В цветной металлургии, например при производстве никеля, кокс требуется высокосернистый.

Кромо того, кокс используют в агломерационном, фосфорном, ферросплавном и других электротермических производствах. При получении карбида кальция, в графитировочных печах электродных заводов, при частичной металлизации железорудных окатышей тоже необходим кокс. Кокс является и отличным бытовым топливом.

Говорят, что реклама знаменитых чикагских боен провозглашала: «У нас не пропадает ничего, кроме предсмертного крика животных». Если не брать в расчет циничную аффектацию, которой пропитана эта, как, впрочем, и большинство других западных реклам, то вполне допустимо признать, что нечто похожее происходит и с коксом. Никакой кокс — крупный или мелкий, с большим содержанием серы или с малым — не пропадает. Естественно, и требования к различным коксам весьма неодинаковы.

Если кокс для литейного производства должен обладать низкой пористостью, высокой прочностью и термоустойчивостью, то, скажем, кокс для электротермических производств — значительными электросопротивлением и химической активностью, а прочность и термоустойчивость уже не являются решающими параметрами. Подобные примеры можно множить без счета, но достаточно сказать, что только для выпуска практически каждого ферросплава желателен восстановитель с определенным набором свойств.

Но все-таки, как бы ни были нужны недоменные коксы, главным остается доменный кокс. Поэтому основные мощности отечественных заводов нацелены на удовлетворение потребности в доменном коксе, который по праву называют хлебом черной металлургии.

Какую же роль выполняет кокс в доменной печи? Рассматривая выплавку чугуна в доменной печи, можно подумать, что весь этот процесс только ради кокса. Ведь в доменном процессе он выступает сразу в трех главных ролях.

Кокс дает тепло для реакций, протекающих в доменной печи.

Кокс высвобождает из молекулярного «плена» атомы железа, разрушая всевозможные оксидные соединения (которые собственно и есть руда).

Кокс, наконец, держит «на своих плечах» столб руды и опускает ее с верхних «этажей» домны на нижние, самые жаркие. В это же время он успевает пропустить в обратном направлении газы... Именно от этой диспетчерской функции кокса зависят равномерный ход доменного процесса, а значит, и качество выплавляемого металла.

Итак, кокс в домне — это источник тепловой энергии, востановитель руды, носитель газопроницаемости.

Несмотря на широкое внедрение в доменное производство природного газа, мазута и других заменителей основного топлива, кокс остается главным и основным источником тепловой и восстановительной энергии.

Вообще кокс полностью нельзя заменить ничем: для обеспечения нормального функционирования или, как говорят, хода доменной печи его должно быть не менее 350 килограммов на тонну чугуна. Причем уменьшение расхода кокса, приближение к этому предельному тех-

нологическому показателю повышают чувствительность доменной печи к его качеству.

Следовательно, важнейшее требование к коксу: он должен содержать максимальное количество горючего компонента — углерода и минимальное — негорючих инертных составляющих — золы (минеральных примесей).

Включения золы, кроме того, ослабляют структуру кусков кокса как за счет механической неоднородности, так и вследствие различных коэффициентов теплового расширения: создаются значительные напряжения при охлаждении и нагревании, то есть примеси, образно говоря, разрушают кокс еще до разрушения. Разговор о зольности можно закончить впечатляющей цифрой: повышение этого показателя лишь на 1 % приводит к потере производительности доменной печи на 1,5—2,5 %.

Кокс должен быть равномерным и стабильным в своих свойствах. Это требование тоже приобретает особо важное значение в современных условиях, когда расход кокса на тонну чугуна приближается к своему теоретическому пределу. Так, выход летучих веществ не должен превышать 1 %, а вредоносные примеси фосфора — почти в тысячу раз меньше.

Серьезные требования предъявляют доменщики к крупности кусков кокса. Очень мелкий кокс не даст проходу газам, забьет фурмы; крупный кокс обычно разрушается при первых же серьезных испытаниях и дает ту самую мелочь, от которой мы стремимся избавиться.

Получается несколько парадоксальная ситуация. Вспомним, как мы старательно дробили и измельчали уголь перед коксованием. Не проще ли коксовать крупные куски угля?

Так раньше и делали. Но это сопряжено с большими неудобствами. Во-первых, крупного угля добывают примерно треть (а чаще и того меньше). Во-вторых, одни хорошо коксующиеся угли давным-давно не коксуют и потому, что их запасы малы́ и потому, что хорошо спекающиеся угли без добавок (их называют отощающими) очень сильно вспучиваются.

Впрочем, идея коксовать крупные куски угля не осталась без внимания специалистов. Видоизменив ее, ученые вышли на новый процесс — получение формованного кокса. Но об этом разговор впереди в рассказе «Что будет».

А пока крупность является одним из основных показателей, определяющих «фронт работ» кокса. Крупные сорта кокса (куски размером более 25 миллиметров в поперечнике) идут в основном в шахтные печи: домны, вагранки для производства минеральной ваты, используются в цветной металлургии для обжига известняка и доломита, в химической, пищевой промышленности, других отраслях народного хозяйства.

Более мелкий кокс (куски размером от 10 до 25 миллиметров) применяют как углеродистый восстановитель в электротермии.

Кокс же, укладывающийся в «габариты» меньше 10 миллиметров, применяют для агломерации руд; в перспективе этот класс будут использовать в процессах прямого восстановления руд и металлизации рудных окатышей.

Уяснив, что же значит «хороший кокс» в понимании доменщика, литейщика, агломератчика, вернемся в коксовый цех и продолжим наблюдение за коксом: узнаем, как формируются его свойства — этот своеобразный «характер» кокса.

Любой процесс, явление, происходящее в природе (в том числе и преобразование твердых горючих ископаемых под воздействием температур), можно успешно изучать, используя диалектический метод познания, то есть рассматривать с точки зрения определения и управления противоположными тенденциями того или иного процесса или явления.

Что же в коксообразовании противоречивого? Как только мы начинаем увеличивать температуру, происходит естественное упразднение сложностей. Большие сложные молекулы распадаются на более простые и совсем простейшие, которые собственно и образуют летучие вещества. Эти реакции называют деструкцией — расщепление, разложение, упрощение.

Но одновременно с наращиванием температуры в угольной загрузке начинают протекать другие реакции, прямо противоположного свойства — реакции синтеза.

В совокупности же эти реакции являются как бы двумя сторонами медали, двумя элементами единого процесса — деструктивного синтеза.

В процессе деструкции одни соединения насыщаются водородом и превращаются, таким образом, в простые, или, иначе говоря, низкомолекулярные вещества, кото-

рые формируют жидкую фазу (помните подвижный пластический слой в коксуемой загрузке?) и образуют смоляные пары и углеводородные газы.

Другие же, потеряв водород и имея потому свободную валентность, потенциально готовы к насыщению, к вступлению в бурную реакцию синтеза новой молекулы. И такое время наступает. Ненасыщенные соединения, образовавшиеся вследствие деструкции, — основной материал для реакций поликонденсации — синтеза сложных (высокомолекулярных) соединений. В результате этих реакций и получается твердый остаток — кокс.

Скорости реакций деструкции и синтеза, происходящих при нагревании углей, различны. Поэтому вполне возможно управлять процессом спекания, то есть развивать в большей мере одну из противоречивых тенденций этого сложного процесса.

Увеличение скорости нагревания приводит к преимущественному развитию деструкции. Из этого вытекают общие требования к коксованию углей — плохо спекающиеся шихты необходимо коксовать при повышенных температурах и больших скоростях нагревания.

Уже в минуты протекания реакций деструкции и синтеза закладывается основа будущего поведения кокса, его «характер», формируются физические, химические и механические свойства. Структурная прочность кокса зависит от того, как прочно спеклись, тесно соединились разнородные составляющие угля (ведь некоторые из них так и не размягчились). Поэтому поверхность контакта должна быть оптимальной, вполне соответствующей необходимому количеству участвующих в спекании жидких веществ. Это говорит о том, что, кроме состава шихты, основными факторами, повышающими спекаемость, являются скорость коксования и величина контактной поверхности между частицами углей.

Использование этих «рычагов» позволяет расширить сырьевую угольную базу коксования и улучшить качество кокса.

Таким образом, мы видим, сколь противоречивый характер имеет процесс коксования углей. Сущность управления этим процессом заключается в умении развивать или подавлять его различные (определяемые потребительской направленностью) тенденции.

Но на этом еще не заканчивается формирование «характера» кокса. Выданный из печной камеры готовый,

раскаленный коксовый пирог должен быть срочно остужен, в противном случае все наши предыдущие хлопоты окажутся пустыми: горячий углерод кокса вступит в бурную реакцию с кислородом воздуха, попросту говоря, сгорит без остатка.

Одно из великих открытий человечества — вода гасит огонь — было столь простым по исполнению, а воды, казалось, так безбрежно много в морях, реках, прудах и озерах, что не воспользоваться этими услугами было бы просто нелепо. Так и делалось до недавнего времени, так и есть еще на некоторых современных коксохимических заводах: раскаленный коксовый пирог, выданный из печной камеры, охлаждают, поливая его водой. На первый взгляд, этот процесс не содержит в себе никаких минусов. Но только на первый взгляд.

Вода, используемая на любые технические нужды, то есть входящая в контакт с различными твердыми, жидкими или газообразными веществами, растворяет или механически увлекает с собой часть этих твердых, жидких, газообразных веществ, пусть малую часть, но все-таки захватывает с собой.

Представить себе размах сегодняшнего производства не так-то просто. Это миллионы аппаратов и машин, десятки миллионов станков и агрегатов, тысячи различных процессов, большинству из которых вода (причем пресная, а иногда дистиллированная) необходима, «как воздух». Ежедневно, ежеминутно на комбинатах, заводах и фабриках «производят» сотни тысяч кубометров загрязненной воды. Чаще всего такой воды, которую не сбросишь в живой водоем, не выльешь в речку, такой, которая требует тщательной (стало быть, дорогой) очистки. В то время количество воды (она, как и все, что из недр, — полезное ископаемое) на планете весьма ограниченно. Население увеличивается, благосостояние растет, поднимаются, следовательно, абсолютный и удельный расходы воды на бытовые нужды...

Итак, во-первых, постепенно возникающая проблема нехватки чистой пресной воды.

Во-вторых, подумайте — мы полтора десятка часов отапливали печи, отдавали углю колоссальное количество тепла. Так неужели мы не можем себе позволить вернуть хотя бы незначительную часть отданного тепла, воспользовавшись услугами раскаленного кокса? Короче, вопрос стоит так. Сделать тушение безводным, «су-

хим» и одновременно аккумулировать тепло горячего кокса для использования этого тепла в каком-либо другом тепловом процессе (агрегате).

Президент Академии наук СССР А. П. Александров говорил, что до 50 процентов бюджета промышленно развитых стран тратится на обеспечение общества энергией. Оттого вдвойне ценны процессы, комплексно решающие проблемы утилизации того или иного вида энергии, попутно возникающей с целевыми продуктами.

Получивший промышленную оснастку способ сухого тушения кокса, то есть с помощью инертных газов (азота, аргона и т. п.), был взят за основу при проектировании и вводе в строй новых коксохимических заводов. В настоящее время существует два основных варианта — института «Гипрококс» (СССР) и фирмы «Зульцер» (ФРГ). Специалисты разных стран, принимая решения, заложенные в этих вариантах, за отправную точку, вносят различные изменения с учетом сложившейся практики коксования в той или иной стране.

Для характеристики процесса сухого тушения кокса нам потребуется произвести несложный расчет. На производство одной тонны кокса расходуется в среднем около 330 миллионов килоджоулей. Та же тонна кокса «выносит» с собой около половины тепла, затраченного на коксование. При мокром тушении все это вынесенное тепло безвозвратно теряется, при сухом «улавливается», утилизируется около 80 %. Итак, почти 40 % всего тепла, затраченного на коксование, удается вернуть: каждая тонна горячего кокса, потушенного инертным газом, дает 400 килограммов пара, вполне подходящего для энергетических целей.

С современной точки зрения установки сухого тушения кокса (УСТК) рассматривают не только как агрегат, утилизирующий тепло кокса, но главным образом в качестве устройства, завершающего формирование всех свойств (физических, химических, механических).

Потушенный сухим способом кокс характеризуется более высокой, чем у кокса мокрого тушения, прочностью; на него не налипают пыль и мелкие частички кокса; намного уменьшается реакционная способность; образующаяся сухая коксовая мелочь является ценным топливом, например для агломерационных установок; при сухом тушении наблюдается более постоянный выход летучих веществ, так как в тушильной камере кокс

подвергается дополнительной термической обработке.

УСТК дает возможности для творческой фантазии. Есть, например, предложение использовать УСТК в качестве технологического агрегата для получения восстановительных газов CO и H_2, которые затем использовать как дутье в доменной печи. Этот процесс осуществляется конверсией коксового газа на раскаленном коксе.

Есть еще более фантастичная идея заменить в УСТК инертный газ на бензин или нефтяные газы. Невероятно? Нисколько. Произойдут обычный крекинг, расщепление молекул бензина. Образовавшийся углерод в виде сажи «законопатит» трещины кокса, сделает его прочнее, улучшит качество. Кроме того, при разрушении молекул бензина будут образовываться ценные газы (метан, этан)...

Но это пока проекты, а реальность говорит еще и о том, что при работе домны на коксе сухого тушения в сопоставимых условиях его расход на одну тонну чугуна снижается на 2—2,5 % по сравнению с коксом мокрого тушения. Изменения свойств кокса в лучшую сторону свидетельствуют о том, что в УСТК продолжаются структурные превращения на молекулярном уровне, не успевшие завершиться в печной камере.

Последний штрих к портрету кокса — механическая обработка. Испытано несколько способов — обкатка в металлическом барабане; доведение крупных кусков кокса до кусков нужного размера путем сбрасывания с высоты на чугунную плиту; додрабливание на валковых, зубчатых дробилках и другие.

Механически обработанного, «обкатанного» кокса на доменный процесс пойдет меньше (на 5 %), чем обычного. Кроме того, на 0,5—1,7 % возрастает производительность доменной печи. При механической обработке часть кокса, естественно, переизмельчится и около 5 % металлургического кокса, куски которого больше 25 миллиметров в поперечнике, перейдет в неметаллургический (различные классы, содержащие куски размером меньше 25 миллиметров).

Механическая обработка — последний этап перед подачей кокса на колошник доменной печи. Именно во время этого процесса стараются осуществить стабилизацию кокса, повысить его сопротивляемость дробящим усилиям, возникающим в шахте доменной печи.

* *
*

Доводят кокс до «совершеннолетия» коксовики, а работает он у доменщиков, литейщиков, агломератчиков. Потребителям необходим своеобразный паспорт кокса — набор стандартным образом определяемых свойств.

Мы немного об этом говорили, но лишь попутно. Теперь же подробнее. Итак, влажность обозначают W (от немецкого — Wasser), зольность A (от немецкого — Asche), сернистость S. Далее — прочность, выход летучих веществ V (от французского — Volatie), электропроводность, реакционная способность, газопроницаемость. И другие.

Качество кокса определяли, даже скорее угадывали по внешнему виду. Хороший кокс имеет окраску от светло-серой до серебристой (но слишком сильный металлический блеск зачастую говорит о том, что кокс передержали сверх положенного времени в печной камере). При ударе такой кокс издает металлический звук. Плохоспекающиеся угли и угли, содержащие много золы, придают коксу темную окраску.

Нормальный металлургический кокс — это куски более или менее правильной формы (для кокса из донецких углей отношение длины куска к его ширине в большинстве случаев попадает в интервал 1,2—1,8; для кокса из восточных углей это значение несколько больше). Число трещин у кокса, полученного из газового или жирного углей, намного больше, чем у кокса из коксового угля...

Но точность визуальных определений, увы, может гарантировать только Шерлок Холмс.

Оттого выявление «паспортных» данных кокса и было поставлено на научную основу с применением различных методов анализа.

На некоторых металлургических заводах прочностные характеристики кокса до сих пор определяют исключительно во вращающемся барабане со стенками из металлических прутьев, в пространство между которыми просыпаются мелкий кокс и осколки разрушенных крупных кусков. Несовременность этого метода подчеркивается параметрами, положенными в основу. Диаметр барабана равен русской сажени (210 сантиметров), для

испытаний берут пробу кокса массой 1000 русских фунтов (410 килограммов)...

Помимо проверенных временем эмпирических определений, все большее распространение получают методы прогнозирования качества кокса на основе физико-химических и физико-механических свойств угля, состава шихты, температурного режима, поддерживаемого в отдельной печи и на батарее в целом. Одновременно широко внедряются механизация и автоматизация отбора проб, подготовки их к анализу и собственно испытаний.

Все чаще коксовики используют методы математического анализа не только для расчета качества кокса, но и для моделирования поведения веществ угля при переходе в кокс, с помощью математических знаков и символов наглядно представляется образование кокса, формирование его свойств.

Совершенствуется и аппаратура, с помощью которой экспериментатор устанавливает какие-либо характеристические особенности кокса. И это не дань моде, а требование времени. Образуется как бы обратная связь: народному хозяйству требуется все больше высококачественного металла. Чтобы получить металл с желаемыми свойствами, надо жестче подходить к отбору сырья. Выдвигаются новые требования, иные условия, выполнить которые невозможно, используя старую аппаратуру.

Оттого и появляются все более и более совершенные приборы, оттого и увеличивается список параметров, которым должен удовлетворять кокс. И процесс уточнения, видимо, бесконечен, о чем и свидетельствует высказывание академика Н. И. Добронравова: «Нет такой простой вещи, в которой нельзя было бы найти какую-нибудь новую подробность, или же, сопоставив эту вещь с другими, — новое интересное соотношение... Только излишняя самоуверенность позволяет нам порой думать, будто мы знаем что-либо «до конца».

* *
*

Улучшение условий труда — самостоятельная важнейшая задача социальной политики, проводимой в жизнь Коммунистической партией и Советским правительством. Партия и государство прилагают и будут прилагать еще больше усилий, чтобы сделать труд рабочего человека не только производительнее, но и содержатель-

нее, превратить его в разновидность творческого труда.

Самой важной задачей дальнейшего промышленного развития отрасли является абсолютное упразднение ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда. И чем выше общая механизация и автоматизация производства, тем серьезней надо подходить к ликвидации ручного труда, ведь именно ручные работы создают значительную опасность для персонала в связи с интенсивным движением всевозможных машин и механизмов, воздействием пламени и высоких температур.

Такой подход в конечном счете способствует повышению так называемой престижности, привлекательности рабочих профессий коксохимического производства.

Современные машины, обслуживающие коксовые батареи (коксовыталкиватели, углезагрузочные вагоны, двересъемные машины, тушильные вагоны и электровозы), выполняют множество функций и являются сложнейшими агрегатами.

Совсем недавно стали устранять один из основных недостатков этих машин — малый обзор при работе. Хорошую видимость во всех направлениях движения обеспечивают телекамеры, передающие изображения в кабины машинистов.

Сейчас коксовый цех напоминает большой перекресток шумного города: световая сигнализация, шлагбаумы, устройства для предупреждения столкновений, аварийные выключатели, функциональные средства связи.

Современные коксовые машины оборудованы стандартными средствами защиты от падения с высоты, акустическими и оптическими предупредительными устройствами, огнетушителями. Все эти меры предосторожности вполне естественны — рабочее место не для отдыха, здесь идет борьба с огнем, со временем.

Кабины всех машин, работающих на коксовой батарее, сборудуют таким образом, чтобы надежно защитить машиниста от высокой температуры, вредных газов, вырывающихся из люков при загрузке и из дверей при выгрузке, а также избавить от шума, вибраций, которые даже в малых количествах, но воздействующие постоянно, могут вызывать расстройство здоровья. Обязательными теперь являются установки для кондиционирования воздуха с подсоединенными к ним воздушными фильтрами.

Четкое соблюдение правил техники безопасности — одно из непременных условий успешной работы. Нельзя хорошо знать свое рабочее место и умело выполнять все технологические операции при слабом усвоении правил техники безопасности.

Развитие науки и техники всегда было и будет сопряжено с риском, с опасностью, лишь преодолев которую действительно продвинешься вперед. Поэтому противиться сближению с опасностью так же бессмысленно, как пытаться остановить время. Но главное — разумно распорядиться своими стремлениями, максимально защитить их, реально взвешивая возможности техники и оборудования.

Бытует подчас пренебрежительное отношение к правилам техники безопасности, некоторые считают их лишь продуктами чрезмерной осторожности, которые мешают основному делу. Ничуть ни бывало.

Труд по-новому, по-коммунистически вовсе не означает отказ от труда и полный отдых; труд по-новому — есть интенсивное, продуманное и осознанное действие каждого человека на общее благо.

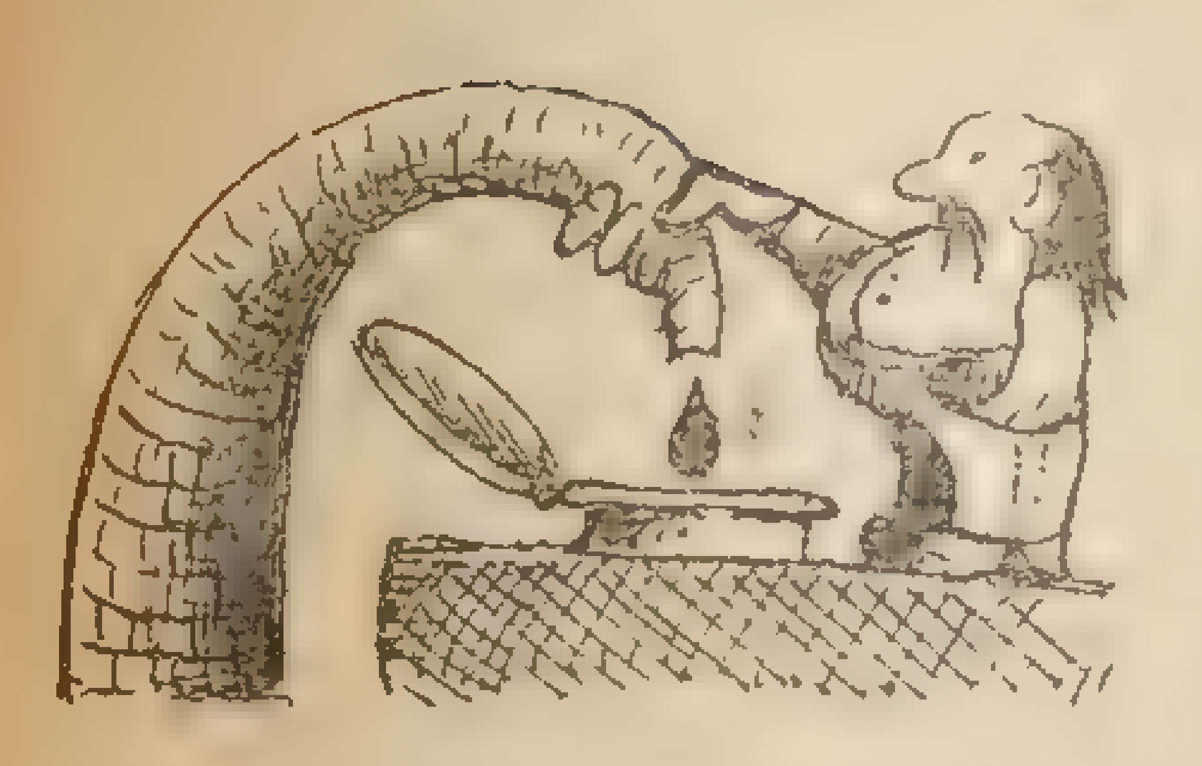
Безусловное исполнение предписаний, соблюдение очередности действий и ритмичность — гарантия успеха. На сферу производства не распространяется арифметическое правило о сохранении суммы при перемене мест слагаемых, в производстве «сумма» не остается прежней (вспомните хотя бы школьные лабораторные опыты: как вы наливали — кислоту в воду или наоборот?).

Техника безопасности предостерегает не с целью запугать молодого человека, превратить его в рóбота, бездумно исполняющего команды, а с целью сохранить этому человеку здоровье и силы, соблюсти налаженный производственный ритм.

В этой связи вспоминается случай, когда один обыватель спросил моряка, мол, не страшно ли ему выходить каждый раз в море, ведь столько людей поглотила бурная пучина. На что бойкий моряк резонно ответил: «А вам не страшно каждый день ложиться спать? Ведь в постели умерло еще больше людей!».

Рассказ четвертый

Лови все, что летит



Нужно думать не о том, что нам может пригодиться, а только о том, без чего мы не сможем обойтись.

Дж. К. Джером

Остается только поражаться гениальным предвидениям основоположников марксизма, распространяющимся буквально на все сферы человеческой деятельности.

Еще в первом томе «Капитала» К. Маркс писал: «Прогресс химии научает также вводить отходы процесса производства и потребления в кругооборот процесса воспроизводства и создает, таким образом, материю нового капитала без предварительной затраты капитала»[1]. Сколь актуально звучат эти слова сегодня, слова, направленные в будущее.

На металлургических заводах, как мы уже знаем, до поры до времени получали один только кокс, выбрасывая в прямом смысле на ветер ценнейшие химические вещества (впрочем, тогда о ценности этих веществ мало кто догадывался)...

В 80-х годах прошлого века богатые залежи угля и руды на Юге России дали толчок строительству крупных металлургических предприятий. Ядовитые клубы дыма, яркие отблески пламени, гул и грохот железоделательных машин, запах гари и копоти — непременные атрибуты заводов тех лет. Особенно дымили коксовые цехи, все те вещества угля, которые не выдерживали высокой температуры в коксовых печах и разноцветными шлейфами вырывались из печных камер, не встречая на своем пути никаких препятствий, поднимались высоко в небо при тихой погоде или рваными клочьями метались над землей во время ветров...

Как-то на одном из южных заводов объявился неизвестный, по всему видно — чужестранец. Поинтересовался у хозяев качеством и количеством загружаемого

[1] *Маркс К. и Энгельс Ф.* Собр. соч., т. 23, с. 619.

в печные камеры угля, режимом ведения процесса и другими технологическими тонкостями, чем зарекомендовал себя с самой лучшей стороны. Так бы и расстались они, довольные приятной беседой, как вдруг в конце разговора гость предложил хозяину продать весь дым с коксовых печей, что бесконечными хвостами выползал из труб. После долгих препирательств и недоуменных вопросов — незнание рождает страх — дым коксовых батарей был запродан настойчивому покупателю на двадцать лет вперед...

История науки и техники знает много увлекательных происшествий с почти детективным сюжетом. Однако обратимся к достоверным фактам: вместо коксовых начали появляться коксохимические заводы. Чем же это было вызвано? Для ответа на этот вопрос надо поближе познакомиться с коксовым газом, который прежде, чем дойдет до потребителя, претерпевает множество изменений — его охлаждают, моют, очищают, на него воздействуют водой и температурой, кислотой и щелочью, маслом и паром.

* *
*

Сразу же после выхода из печной камеры коксовый газ попадает в уложенные с двух сторон по верху батареи стальные сварные трубы — газосборники. В них не только собирают газ из всех печных камер, но и тщательно смешивают, выравнивают его состав и частично охлаждают потоком водяного «тумана». Температура газа снижается от 600—650 до 80—90 °С.

Коксовый газ, выходящий из печных камер и называемый прямым, содержит много ценнейших газов — водород, метан, оксид углерода, азот. Кроме того, он несет различные ненасыщенные углеводороды, аммиак, пиридин, цианистый водород, бензол, есть соединения серы, германия. Нельзя точно указать, какова концентрация того или иного компонента в газе: состав зависит от условий коксования и качества угля.

Уменьшение содержания водорода, например, есть прямое следствие низкой температуры коксования. С повышением температуры и скорости коксования увеличивается температура в подсводовом пространстве — там, где нет шихты, отчего сокращается выход метана, аммиака и пиридиновых оснований. Содержание диоксида

углерода сверх 2 % свидетельствует о наличии подсоса в печную камеру воздуха или продуктов сгорания отопительного газа.

Так, по составу коксового газа можно достаточно точно определить температурный и гидравлический режимы процесса, а значит воздействовать на них, то есть регулировать в конечном счете качество кокса.

Кстати, сравнительно недавно, в середине 50-х годов прошлого века, вполне устоявшимся было мнение, что если улавливать химические продукты коксования, то качество кокса заметно ухудшается. Трудно сейчас восстановить цепь логических рассуждений наших предков, но это убеждение выкорчевывалось с трудом.

Итак, газ охладили в газосборнике до 80—90 °С. В это время осаждаются смола и мелкая угольная пыль (фусы). И газ, и смола, и фусы попадают в отделение конденсации. Установленный на их пути сепаратор отделяет в основном коксовый газ от смолы, воды и угольной пыли. Газ затем направляют в специальные холодильники, где он либо орошается сильным дождевым потоком воды, либо обтекает трубы с холодной водой и таким образом сам охлаждается до 25—30 °С. Смолу, воду и фусы подают в отстойники-осветлители.

Охлажденный коксовый газ отсасывается газодувками, установленными в машинном отделении — своеобразных «легких» коксохимического завода. В машинном отделении полная автоматизация, никто не суетится вокруг машин; равномерно гудят газодувки, четко несут службу многочисленные контрольно-измерительные приборы.

После этого газ направляют в электрофильтры, где он окончательно очищается: освобождается от твердых и жидких примесей. Коронирующие электроды, между которыми проходит газ, заряжены разноименно, к ним подводят постоянный ток высокого напряжения (50—70 киловольт). Капельки смолы, получив заряд одного знака, притягиваются и осаждаются на электроде с противоположным зарядом (этот электрод называют осадительным, обычно он выполнен в виде трубки) и по трубам стекают вниз. Степень очистки газа в электрофильтре очень высокая: 96—98 %.

После электрофильтров коксовый газ подают в цех улавливания, чтобы там в специально предназначенных

аппаратах извлечь из него аммиак, пиридин, бензол, серу и другие продукты.

С большой скоростью бежит коксовый газ по трубам и коммуникациям коксохимического завода, неся человеку тепло и свет. Парадоксальная сложилась ситуация — раньше газом, полученным при сухой перегонке каменного угля, освещали улицы. И это считалось достижением научной мысли. Затем электричество вытеснило газ с его, казалось, навеки завоеванных позиций. Теперь же простое сжигание неочищенного коксового газа рассматривается как бесхозяйственность.

«Облегченный», очищенный коксовый газ называют еще обратным, так как раньше его после этих операций, как правило, возвращали в коксовые печи для обогрева коксовых батарей, а также передавали на металлургические агрегаты где он служил источником тепла.

Но вот в обратном коксовом газе были найдены весьма солидные количества водорода, метана, тяжелых углеводородов, оксида углерода, азота и других веществ. Допустимо ли в таком случае сжигать то, из чего можно выработать миллионы кубометров ценных газов, миллионы тонн необходимых веществ? Допустимо ли сжигать, если из одного только этилена вырабатывают свыше 200 видов продукции самого разнообразного назначения?..

Если мы захотим заняться интереснейшим перечислением веществ, получаемых из химических продуктов коксования, или хотя бы дать краткий обзор областей их применения, то для этого нам потребуется «приложение», в несколько раз превосходящее по объему саму брошюру. Поэтому ограничимся описанием нескольких веществ, наиболее рельефно рисующих широту связей коксохимии с другими отраслями народного хозяйства.

* *
*

Около 3 тысяч лет тому назад в Китае, Корее, Японии древние земледельцы уже удобряли поля пометом животных и птиц, золой и пеплом.

Важность удобрений для сельского хозяйства можно проиллюстрировать таким примером. В 1918 году правительство молодой Советской Республики создало Главный комитет удобрительных туков, а через год В. И. Ле-

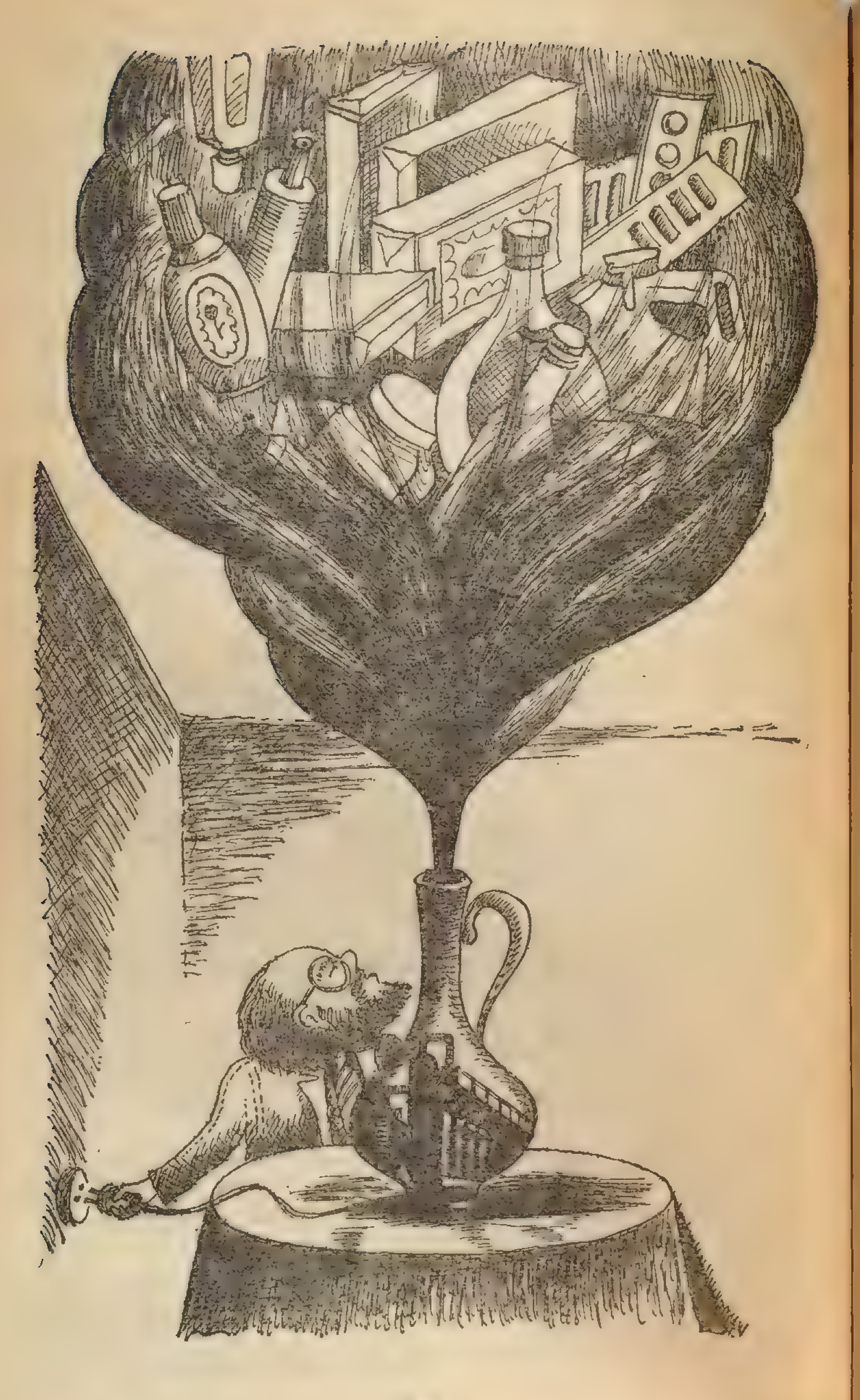
нин подписал документ «О перевозке удобрений по железным дорогам страны», в котором говорилось, что удобрения при перевозках приравниваются к хлебу и должны поставляться к месту назначения как грузы первой категории.

Растениям для полнокровной жизни требуется около 70 химических элементов — больше половины Периодической системы Д. И. Менделеева. Пациентов же у агрохимии предостаточно: только одних овощей, которые потребляют люди в пищу, насчитывается около 550 видов. Всего же на лугах, в лесах, на полях и огородах под опекой человека и на воле произрастает около 300 тысяч видов растений.

Разные удобрения нужны растениям. Но в наибольших количествах вносят в почву азотные минеральные удобрения. «Усвояемый азот почвы, — говорил академик Д. Н. Прянишников, — если не принимать особых мер, увеличивающих его содержание, в настоящее время является на земле главным ограничивающим фактором жизни».

Кстати, азот по-гречески означает «не поддерживающий жизни». Такое непривлекательное название азот получил за то, что, будучи, как говорят химики, в свободном состоянии, то есть в виде газа, он не способствует протеканию жизненно важных процессов: в атмосфере чистого азота не смогут прожить ни человек, ни животное, ни растение. Однако именно этот элемент является основным «строительным материалом», на котором держится растение, да, впрочем, и человек. Соединения азота являются главными и для векового баобаба, и для невесомого одуванчика.

Азот, вообще говоря, один из самых распространенных элементов в Солнечной системе, он занимает четвертое место после водорода, гелия и кислорода. На Земле азот в основном сосредоточен в атмосфере, целый океан азота омывает нашу планету. Над гектаром земли в атмосфере содержится более 70 тысяч тонн свободного азота. Растения, правда, самостоятельно извлекают азот из воздуха, превращая его в пригодные для питания азотистые соединения (этот процесс получил название азотофиксации). Но количество соединений азота, выпускаемых собственными «фабриками» растения, столь мало, что его еле-еле хватает на поддержание существования. Тут уже нечего думать о больших уро-





жаях и сладких плодах. Потому-то при огромнейших запасах азота земледелие почти всех стран остро ощущает дефицит азота, а следом за земледелием и животные страдают от систематической нехватки азота: не хватает азота растениям — недостает в кормах.

Человек научился «связывать» свободный азот с другими элементами, и появились азотные удобрения — аммиачная селитра, мочевина, водный аммиак, сульфат аммония ... Именно сульфат аммония получают из коксового газа, точнее из тех 8—13 граммов аммиака, которые содержатся в каждом кубическом метре газа. Достаточно пары́ аммиака продуть через раствор серной кислоты, и из полученного раствора (его еще называют маточным) начинают выпадать кристаллы сульфата аммония.

Существует два способа получения сульфата аммония — сатураторный и бессатураторный. Последний более перспективен. Его суть заключается в следующем. Коксовый газ подают в специальный аппарат — скруббер, где его орошают раствором сульфата аммония в серной кислоте (хитрость заключается в том, что в растворе содержится 5—6 % серной кислоты в свободном состоянии). Аммиак в этом случае полностью улавливается из коксового газа и переходит в виде соли (сульфата аммония) в раствор, который затем выпаривают и направляют в кристаллизатор, а оттуда — в кристаллоприемник. Сульфат аммония, полученный в бессатураторном процессе, более высокого качества: кристаллы соли крупные, чистые, белого цвета.

Все большее распространение получает жидкий аммиак. Во-первых, производство аммиачной воды значительно проще и дешевле, во-вторых, не надо использовать серную кислоту — весьма ценное сырье для различных отраслей промышленности и, в-третьих, в почве, обработанной аммиачной водой, не образуется других солей.

Удобрение, как и любая другая пища, не само непосредственно несет готовое питание, а лишь поставляет вещества, без которых не будет проходить биохимическая реакция, во время которой выделяется энергия, образуются питательные вещества.

Итоговым продуктом усвоения азотистых соединений являются белки, которые входят в состав и протоплазмы, и ядра клеток, а также откладываются растениями

про запас. Образовавшиеся из азотистых соединений белки под действием ферментов распадаются и образуют аминокислоты ...

Организм человека, между прочим, не может синтезировать восемь наиболее важных аминокислот, так называемых незаменимых аминокислот — валин, изолейцин, лейцин, фенилалалин, триптофан, метионин, треонин, лизин (в некоторых случаях аргинин), поэтому-то мы и потребляем в пищу растения, имеющие в составе эти аминокислоты...

Сделав свое дело, аминокислоты образуют неорганический аммонийный азот. Растения могут использовать его затем для нового синтеза аминокислот.

Зная путь, который проделывает азот в организме растения, ученые стали создавать такие соединения азота, которые могли бы или сократить этот цикл, или ускорить движение полезных веществ. Постепенно было выяснено, что существуют четыре формы соединения азота, наиболее приемлемые для удобрения: аммиачная, аммиачно-нитратная, нитратная и амидная. Каждая из форм имеет свои преимущества. Скажем, аммиачный азот менее подвержен вымыванию из почвы, чем нитратный... Вообще же азотные удобрения наиболее эффективно действуют в Нечерноземной зоне, во влажных районах и в зоне поливного земледелия, то есть очень многое зависит от почвы, на которой произрастает та или иная культура.

Поступательное развитие плодоносящей химии в сельском хозяйстве зависит от успехов и достижения многих смежных наук о природе. Именно поэтому у нас в стране укрепляется и развивается отрасль плодоносящей химии: организовано специальное министерство по производству удобрений, перед которым стоит задача не только количественного удовлетворения запросов земледельцев. Главным является качество: удобрения должны быть гранулированными, крупнозернистыми, неслеживающимися, иметь большой запас полезных, легко усвояемых растением веществ.

Коксохимия имеет исторически сложившиеся связи с сельским хозяйством. Она не только поставляет удобрения и производит сырье для производства синтетического аммиака из водорода коксового газа, на основе ароматических углеводородов (химических продуктов коксования) производят спектр пестицидов, то есть ве-

ществ, применяемых для борьбы с вредными организмами.

Акарициды «работают» против клещей, альгициды истребляют водную растительность, антисептики предохраняют неметаллические материалы от действия микроорганизмов, арборициды уничтожают древесную и кустарниковую растительность. Всем известны бактерициды, гербициды, инсектициды и фугоциды. К пестицидам относят также химические средства стимулирования или торможения роста растений, препараты для ускорения опадания листьев (дефолианты) и подсушивания растений (десиканты), которые применяют с целью механизации работ при уборке урожая многих культур (хлопка, например). Есть препараты для отпугивания (репеллენты), привлечения (аттрактанты) и стерилизации насекомых.

Применение всех без исключения названных веществ преследует одну цель — повысить урожайность.

Однако азот используют не только в качестве удобрения. На его основе получают вещества, которые в свою очередь дают рождение десяткам ценных продуктов, например аммиак. Из аммиака получают азотную кислоту и нашатырный спирт. Его используют для производства искусственного льда и охлаждения складов и помещений, где хранятся скоропортящиеся продукты. Если через водный раствор аммиака пропустить углекислый газ, то образуется двууглекислый аммоний — соль, которая помогает печь пышные кулинарные изделия, с успехом заменяя дрожжи. Вокруг каждого кристаллика соли, разложившегося под действием высоких температур, образуется пузырек углекислого газа, поэтому тесто поднимается, и хлеб получается ноздреватым, вкусным.

На основе аммиака производят полупродукты синтеза полимерных материалов — карбамид, акрилонитрил, ацетонциангидрид. Например, карбамид используют в сельском хозяйстве и животноводстве в качестве вещества, ускоряющего рост, он служит также сырьем для приготовления карбамидных смол. Смолы же в свою очередь широко применяют при получении пластмасс, клеев, как связующее в древесностружечных плитах, строительной фанере. Карбамиды, кроме того, используют в фармацевтической промышленности при изготовлении болеутоляющих и снотворных средств.

Ну что ж, если разговор зашел о медицине, то давайте поговорим об этом подробнее.

* *
*

Начнем, пожалуй, с самого слова. Медицина в переводе с латинского означает зелень, то есть лечебные травы. Название уходит корнями в те давние времена, когда человеку помогали бороться с болезнями исключительно только одни растения. Древние цивилизации начали систематически использовать лечебные травы более пяти тысяч лет тому назад. В Индии, например, свыше 700 растений вот уже четыре тысячелетия применяют как медицинские средства.

Лекарства, приготовленные на основе цветов, трав и растений, широко применяют во всем мире и в настоящее время. В одной только нашей стране используют около 20 тысяч лекарственных растений.

В XVI веке появляется наука — лечебная химия. Ее создатель итальянский врач Парацельс писал: «Лекарство — это волшебная стрела, поражающая болезнь, а цель химии состоит в изготовлении этой стрелы».

Вот, скажем, аспирин (ацетилсалициловая кислота) — лекарство, которое уже 90 лет не сходит с прилавков аптек всех стран мира. Только в США, где его отчего-то особенно почитают, аспирина производят ежегодно в количестве 12 тысяч тонн...

Начало истории этого лекарства относят к 1640 году, когда наместник испанской короны в Перу граф Цинхон прибыл в Мадрид ко двору короля Филиппа IV и привез кусочки древесной коры, которую аборигены использовали для лечения лихорадки. По-перуански слово «кора» звучало как «кина», но, пройдя через европейское произношение, трансформировалось в «хину». И хотя самому графу в нужный момент хина не помогла, мода на нее, особенно после выздоровления английского короля Карла II и французского монарха Людовика XIV, была долгой и оттого, наверное, особенно дорогой. Для большинства людей она стала совершенно недоступной. И тогда, как мы и сейчас зачастую делаем, обратились к древним. Оказалось, что еще в трудах Гиппократа упоминалось о жаропонижающем действии порошка, при-

готовленного из коры ивы. К слову сказать, эта кора не менее горька, чем хина.

Прошло много лет, прежде чем из ивовой коры в 1830 году удалось выделить действующее начало — салицин (ива по-латински — *саликс*). Через пять лет немецкий химик К. Левиг получил салициловую кислоту с гораздо более сильным, чем у салицина, противолихорадочным действием. Другой немецкий химик К. Герхардт в 1893 году выделил ацетилсалициловую кислоту и для простоты назвал ее аспирином. Первые буквы этих слов совпадают, а слово «спирин» возникло от спирея (*спирея салицифолиа* — по-латински, *таволги иволистой* — по-русски), содержащей в больших количествах салициловую кислоту.

Но для широкого производства лекарства нужно было дешевое сырье. Поиски его совпали с выделением в 1834 году фенола из каменноугольной смолы, полученной при коксовании угля. В 1859 году Г. Кольбе удалось синтезировать из каменноугольного фенола салициловую кислоту. Так с 1893 года начался промышленный выпуск аспирина.

В процессе поисков новых производных салициловой кислоты с различными терапевтическими эффектами были созданы всевозможные растирания — санитас, нафталгин, салинимент, мазь Бом-бенго, капсин. Соединение в одну молекулу молекул салициловой кислоты и фенола, проделанное впервые профессором Петербургской медико-хирургической академии В. М. Ненцким, дало начало препаратам типа *«салол»* — тансал, бесалол, уробесал.

Салицилаты имеют необычайно разнообразные и исключительно ценные свойства, позволяющие применять их при самых разных заболеваниях. Они снижают температуру тела, тормозят воспалительные процессы в тканях, утоляют боль, применяются при лечении ревматизма и подагры.

Ацетилсалициловая кислота — старейшее лекарственное средство — продолжает расширять сферу своего излечивающего влияния.

Давно было известно, что ацетилсалициловая кислота (аспирин) препятствует свертыванию крови. Это действие всегда считали нежелательным. Но оказалось, что данное свойство незаменимо при лечении детей, больных сепсисом, тяжелой пневмонией или дизентерией. Ацетил-

салициловая кислота снижает частоту повторных признаков болезней и предупреждает внезапную смерть у больных, перенесших нарушение мозгового кровообращения или инфаркт миокарда. Аспирин же (при своевременном вмешательстве) помогает избавить детей раннего возраста от врожденного порока сердца. Не исключено, что последующие исследования расширят терапевтические возможности ацетилсалициловой кислоты (недавно в зарубежной прессе промелькнуло сообщение, что аспирин предотвращает возникновение катаракты)...

Химические продукты коксования каменного угля представлены в медицине не одной только ацетилсалициловой кислотой.

Из коксового газа выделяют пиридиновые основания — маслянистую жидкость с резким специфическим запахом, пары которой чрезвычайно ядовиты. Но вспомним еще раз Парацельса, который сказал: «Все есть лекарство и все есть яд, тем или другим его делает доза». Так и пиридиновые основания — сравнительно «молодой» продукт коксохимии. Из одной из составляющей (гамма-пиколина) в 1953 году были получены препараты, открывшие новую эпоху в медицине — синтезированы противотуберкулезные вещества. И до сих пор пиридиновые основания являются единственным источником для производства противотуберкулезных препаратов. Кроме того, из пиридиновых оснований изготавливают витамины *B*, *PP* и некоторые другие (*vita* в слове витамин означает в переводе с латинского *жизнь*). Витамин *B* укрепляет нервную систему, улучшает сердечно-сосудистую деятельность и функционирование мозга. Витамины *PP* способствуют образованию в организме жизненно важных белков и жиров...

Коль скоро речь зашла о пиридиновых основаниях, то, отвлекаясь от медицинской темы, упомянем, что они идут на приготовление различных ядохимикатов для борьбы с грызунами и насекомыми. Пиридиновые основания применяют также при обработке мехов, дублении кож, для пропитки водоотталкивающих тканей, при денатурации спирта. Как растворители их широко используют на заводах резиновой и лакокрасочной промышленности, а также при производстве пластмасс...

Теперь вернемся к медицине и продолжим разговор о препаратах, получаемых из продуктов коксования угля.

В 1935 году советскими учеными был найден способ

получения красного стрептоцида из продуктов переработки каменноугольной смолы. Этим лекарством лечили тяжелые формы ангины и воспаления легких. Еще более сильное лечебное средство, выделенное из каменноугольной смолы посредством серии химических реакций, — белый стрептоцид, или сульфаниламид. Этот препарат послужил основой для синтеза серии лекарственных средств против инфекционных заболеваний. Поэтому семейство препаратов назвали сульфаниламидными.

Распространенным сосудосуживающим средством для органов брюшной полости, кожи и слизистых оболочек является адреналин (кто не закапывал нос раствором адреналина при насморке?). Это ценное лекарственное средство раньше получали из ткани надпочечников убойного скота: для приготовления всего лишь 100 граммов адреналина следовало переработать более тысячи надпочечных желез. И здесь на помощь фармацевтам пришла коксохимия. Теперь адреналин, как и многие другие ценнейшие лекарства, производят из каменноугольной смолы.

* *
*

Наверное, многие из вас помнят пушкинский отрывок:

О, сколько нам открытий чудных
Готовит просвещенья дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, бог изобретатель.

Именно комплекс теоретических знаний, практических навыков, гениальных прозрений и счастливых случайностей помогают человеку все глубже проникать в тайны Природы.

Подобной загадкой долгое время была каменноугольная смола — в недалеком прошлом многотоннажный отход производства, обременяющий работников, затрудняющий интенсификацию процессов, ведь при коксовании выделяются значительные объемы смолы (каждая тонна угля после коксования дает в среднем 35 килограммов смолы).

Ученые обнаружили в ее составе свыше 10 тысяч разнообразнейших химических веществ — нафталин, фенол, антрацен, карбазол, аценафтен, фенантрен, флуорен и другие соединения. Кроме того, каменноугольная смола

содержит эмульгированную воду, в которой растворены хлористый, роданистый, сернистый и сернокислый аммоний.

Обнаружить и определить компонент в смеси — одно, а выделить этот компонент — совсем другое дело, намного сложнее первого. Для промышленного внедрения этих процессов пришлось разрабатывать новые технологии, придумывать иные аппараты.

Десятки различных превращений претерпевает смола при переработке — ректификацию, кристаллизацию, обработку кислотой и щелочью... Зачастую эти операции проводят не единожды. Правда, пока что некоторые вещества извлекать из смолы экономически невыгодно ввиду их малой концентрации. В будущем, бесспорно, появятся новые эффективные процессы, позволяющие утилизировать то, что сейчас (как смола когда-то) является отходами...

Обычно вещества, как бы они ни были похожи друг на друга по цвету и запаху, как бы ни было схоже строение их молекул, имеют различную температуру кипения (правда, чем теснее «родственные узы» соединений, тем разница температур кипения менее значительна, но все равно это различие существует). Именно на свойстве жидкостей кипеть при разных температурах и основана ректификация.

Сначала смолу подогревают в трубчатой печи (трубчатой печь называют потому, что смола в ней проходит по специальным трубам — змеевикам, поверхность которых нагревается раскаленными газами). В этой печи смолу нагревают до 400 °С и подают в испарители, где жидкая часть — каменноугольный пек — отделяется от паров. Во фракционных колоннах отделяют вещества (фракции) друг от друга. Только тогда получают отдельно нафталин, антрацен, фенантрен и многие другие ценные соединения, являющиеся отправными точками целых направлений химической технологии, «прародителями» многочисленных семейств искусственных веществ.

Рассказывают, что на острове Тринидат, что расположен в Атлантическом океане близ берегов Южной Америки, есть озеро, до краев наполненное смолой и жидким асфальтом. Природа щедра. В недрах Земли хранятся огромные сокровища, однако человек разумом своим создает не меньшие ценности.

Ученые разных стран, видя, каким успехом пользуют-

ся природные смолы в промышленности, долгие годы искали способы получения искусственных веществ, пластичных, прозрачных, неэлектропроводных, инертных к действию растворителей. Красота изделий из янтаря, лакированные растворенными в масле или спирте окаменевшими смолами изделия из кожи, дерева, металла — все это вынуждало исследователей к поиску дешевого, доступного заменителя.

В 1904 году русский ученый А. М. Настюков, работая со смесью ароматических веществ и формальдегида, получил наконец искусственную смолу. Он назвал ее формалитом, то есть формалиновым камнем. Однако это открытие не скоро нашло себе применение в царской России. Подобно анилину Н. Н. Зинина, электрической лампочке П. Н. Яблочкова, крекингу В. Г. Шухова, это изобретение сначала было освоено за границей, а после того вернулось на Родину, но уже под чужим именем — бакелит (в 1908 году голландец Бекеленд разработал промышленный способ производства искусственной смолы). Бакелит быстро завоевал признание тем, что с успехом заменял фарфор, металл, янтарь в различных технологических операциях. Только после этого изобретением А. М. Настюкова заинтересовались русские промышленники, а его работы продолжили другие русские ученые.

Один из них Г. С. Петров создал в 1912 году новую искусственную смолу — карболит. Спустя два года небольшой завод на Клязьме начал вырабатывать карболит...

После Великого Октября у нас в стране были построены десятки современных заводов, которые наряду с формалитом и карболитом выпускают новые смолы, получаемые из веществ, содержащихся в каменноугольной смоле.

Все больший интерес у специалистов вызывает каменноугольный пек — смесь различных высокомолекулярных соединений. История у пека скромная, а вот будущее, пожалуй, ознаменуется и большими открытиями, и необозримым расширением сфер использования.

* *
*

Рассказывая о химическом крыле коксохимии, невольно ловишь себя на мысли, будто постепенно распу-

тываешь запутанный клубок разноцветных ниток. Вот показался на поверхности один конец, другой, взялись распутывать, смотали несколько маленьких одноцветных клубочков, а спутанный клубок ничуть не уменьшается.

О добром десятке соединений уже мы узнали, а все не видно конца перечню и кажется, что обязательно пропустишь что-нибудь очень важное, очень интересное. Поэтому расскажем еще об одном веществе, только об одном из десятков сотен, смотаем еще один, последний цветной клубочек, а распутывать весь клубок отдадим любознательному читателю.

В 1825 году известный английский ученый Майкл Фарадей в жидких продуктах, полученных при сухой перегонке угля, открыл бензол. Несколько позже немецкий химик Митчерлих из бензола синтезировал нитробензол, а в 1842 году великий русский ученый Н. Н. Зинин создал реакцию восстановления нитробензола в анилин. Президент немецкого химического общества А. В. Гофман сделал по поводу последнего открытия весьма красноречивое заявление: «Если бы Зинин не сделал ничего более, кроме превращения нитробензола в анилин, то и тогда его имя осталось бы записанным золотыми буквами в историю химии». Открытия эти послужили прологом для создания анилинокрасочной, фармацевтической промышленности и производства взрывчатых веществ (соединение, известное в просторечье под названием тол, есть тринитротолуол, производное бензола).

Краски известны человеку с незапамятных времен. Например, в Альтамирской пещере в Испании были обнаружены рисунки, выполненные первобытным охотником с помощью желтой и черной красок.

Человек пытался изобразить окружающий себя многокрасочный мир сначала с помощью минеральных красок, которые находил в готовом виде в земле. Это были в основном соединения металлов — оксиды железа, свинца, меди и других. Одновременно люди стали извлекать красители из цветов, плодов, листьев, стеблей и корней всевозможных растений. Способы получения красок были очень трудоемки. Для того чтобы приготовить 2 килограмма природной краски синего индиго (из нее-то и получали раньше анилин), следовало переработать один центнер листьев индигоносного растения, а чтобы добыть всего килограмм карминового красителя из насе-

комых, живущих только на кошенильных кактусах, нужно было иметь 140 тысяч таких насекомых, предварительно высушенных.

Ценнейшим красителем в античном Риме считался пурпур. Чтобы получить его, раб нырял на дно прибрежных вод Средиземного моря, отыскивал места скопления моллюсков одного вида — багряниц. Потом из желез отловленных моллюсков путем долгих, строго последовательных операций добывали каплю жидкости, из которой уже и получали еще меньшую каплю пурпура.

С появлением мануфактур, прародительниц текстильной промышленности, красок требовалось все больше, а моллюсков между тем не прибавлялось. Во Франции и в Италии стали засевать плодородные земли, пригодные под кормовые культуры, мареной — растением, из корней которого получали красную краску, называя ее крапп или ализарин. В Индии в конце XIX века индигоносные растения занимали свыше полумиллиона гектаров пашни.

Ученые всего мира бились в поисках заменителя, искусственно полученного вещества.

Талантливый русский химик Николай Николаевич Зинин после долгих опытов с бензолом и его производными, полученными из каменного угля, выделил наконец жидкость, которая была сначала бесцветной, затем становилась зеленой, потом фиолетовой и в конце концов черной. Зинин назвал ее бензидамом. Это вещество было полностью тождественно органическому соединению, выделенному из индиго, и носило название анилин.

Спустя 14 лет студент Лондонского химического колледжа Вильям Перкин, поставив ошибочный опыт, получил из анилина Зинина пурпурный краситель — мовеин. Человечество получило первый искусственный краситель, а Перкин — возможность заявить патент и открыть первую фабрику красителей.

Так, дым коксовых печей, застилавший солнце и отравляющий воздух, был преобразован химиками в вещества всех цветов радуги, стал необходим и печатнику, и художнику, и фотографу, и сыровару, и текстильщику, и маляру, и врачу. Точнее говоря, не дым, не коксовый газ, а одно из веществ, в нем содержащееся, которое открыл Фарадей, — бензол.

Бензол — это бесцветная жидкость с резким запахом, почти нерастворимая в воде. Схематически химически

ческую формулу бензола изображают в виде замкнутого шестиугольника с тремя двойными и тремя одинарными чередующимися друг с другом связями.

Вернемся несколько назад по технологической цепи. У нас имеется коксовый газ, очищенный уже от аммиака и пиридина. В нем, помимо других ценных продуктов, содержится так называемый сырой бензол — смесь бензола, толуола, ксилолов, сероуглерода, непредельных и сернистых соединений и другие вещества.

Итак, коксовый газ после сульфатного подают в бензольное отделение, температура газа в это время колеблется в пределах 50—70 °С. Для лучшего же улавливания сырого бензола ее надо снизить до 25 °С и ниже.

Кстати, слово «улавливание» весьма точно характеризует процессы, происходящие в химических цехах коксохимических заводов. Не так-то просто отделить одно соединение от другого, очистить выделенное вещество от примесей. Идет настоящая ловля, охота. Вообще говоря, химическая терминология отличается образностью, картинностью. Читая или слушая комментарии к той или иной химической реакции, живо представляешь себе как одно соединение словно армирует структуру другого, то как накладываются на макромолекулу химические скобки-связи, сшивая между собой ее удаленные друг от друга части, то как полимерные нити упаковывают в непроницаемый кокон фермент...

Перед улавливанием бензола коксовый газ охлаждают в конечных газовых холодильниках, где одновременно из него вымывают нафталин (ценнейшее вещество, дающее целый спектр продуктов с весьма различными свойствами для разных отраслей промышленности). В скруббере — металлическом цилиндре диаметром 5—10 метров и высотой более 40 метров, заполненном специальной насадкой из дерева или металла, — происходит поглощение сырого бензола из коксового газа. Газ и масло, которое предназначено для поглощения бензола, подают навстречу друг другу: сверху масло, снизу газ; в технике такие массо- и теплообменные процессы называют противоточными.

Поглотительное масло, между прочим, зачастую тоже получают из химических продуктов коксования, в таком случае оно называется каменноугольным поглотительным маслом.

Насыщенное сырым бензолом поглотительное масло поступает в специальный аппарат в виде колонны. Здесь через смесь масла и бензола продувают пар, который увлекает с собой пары бензола и несет их в конденсатор для охлаждения. Пары бензола и воды конденсируются, а в сепараторе сырой бензол отделяют от воды. Вот, с какими пересадками — сначала в газе, потом в масле и, наконец, в паре — сырой бензол достигает цели своего путешествия...

Сырой бензол, как мы уже отметили, это смесь веществ, которые тоже требуют разделения. Поэтому его перекачивают в цех ректификации, где, как и каменноугольную смолу, разгоняют в ректификационных колоннах несколько иной конструкции.

Обычно в цехах ректификации устанавливают последовательно несколько колонн для перегонки, называя каждую из них соответственно получаемому в ней продукту: бензольная, сероуглеродная, толуольная, ксилольная. Полученные в них пары того или иного вещества направляют в конденсаторы для охлаждения, затем в сепараторы, а после окончательной обработки — на склад.

Необозрима область применения бензола в народном хозяйстве, разнообразны продукты и изделия, получаемые на его основе.

Бензол — один из основных видов сырья для изготовления различных пластмасс. При непременном участии бензола готовят синтетический каучук, нейлоновые, капроновые, лавсановые ткани. Бензол используют для производства лаков, эмалей, красок. Без него в настоящее время не могут обойтись медицина и фармацевтическая промышленность. Бензол применяют при очистке нефтепродуктов, в производстве синтетических средств, фотореактивов, взрывчатых веществ. Например, фенолформальдегидные смолы, получаемые из бензола, служат основой для изготовления клеев БФ. Эпоксидный клей, точнее эпоксидная смола, тоже ведет свой «род» от бензола.

Бензол дает жизнь фенолу, а тот в свою очередь, продолжая давнее врачебное дело в качестве дезинфицирующих средств (кому не известна карболка), порождает целый спектр пластмасс с разительно отличающимися свойствами.

Но это все можно получить лишь из одной части сырого бензола — легкого бензола. А что же тяжелый бензол? Неужели это отход производства? Из тяжелого бензола получают инден-кумароновые смолы, имеющие широчайшее, с каждым годом расширяющееся применение в народном хозяйстве. В качестве примера назовем лишь некоторые: производство искусственной кожи и заменителей, типографских красок, чернил, изоляционных коррозионностойких материалов, клеящих средств, водонепроницаемой бумаги и тканей, абразивных изделий, лаков...

«На орбите кокса» — название этой книги. Действительно, если представить себе своеобразную планетарную модель и в центре, как ядро атома, поместить кокс, а на орбите в виде электронов разместить химические продукты коксования, то получится величественная картина или новой Солнечной системы или неоткрытого элемента Периодической системы Д. И. Менделеева. А все новое, как известно, требует долгого и пристального изучения. Приглашаем тебя, наш читатель, в путь, и пусть путеводителем, добрым советчиком станет эта книга.

Рассказ пятый

«. . . Все больше окружающей среды»



Простота есть необходимое условие прекрасного.

Л. Н. Толстой

Поэт иронично заметил, пытаясь иронией пронять тех, кто может и должен активнейшим образом решать вопросы охраны природы: «...все меньше окружающей природы, все больше окружающей среды».

Афористичность, свойственная всем хорошим произведениям, выражает вопрос, быть может, острее, чем долгие профессиональные выкладки. Сейчас уже совершенно очевидно, что решительные действия человека, направленные на преобразование Природы, не всегда

являются таковыми на самом деле. Точнее говоря, в первой своей фазе они, возможно, и несут какие-либо положительные сдвиги, но взаимосвязь всех явлений столь глубока, длинна и сложна, что ответные «действия» Природы зачастую устраняют положительные сдвиги, да еще вдобавок приносят негативные результаты.

Хотя, впрочем, лучше всего об этом говорил Ф. Энгельс в «Диалектике природы»: «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит. Каждая из этих побед имеет, правда, в первую очередь те последствия, на которые мы рассчитывали, но во вторую и третью очередь совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значение первых»[1].

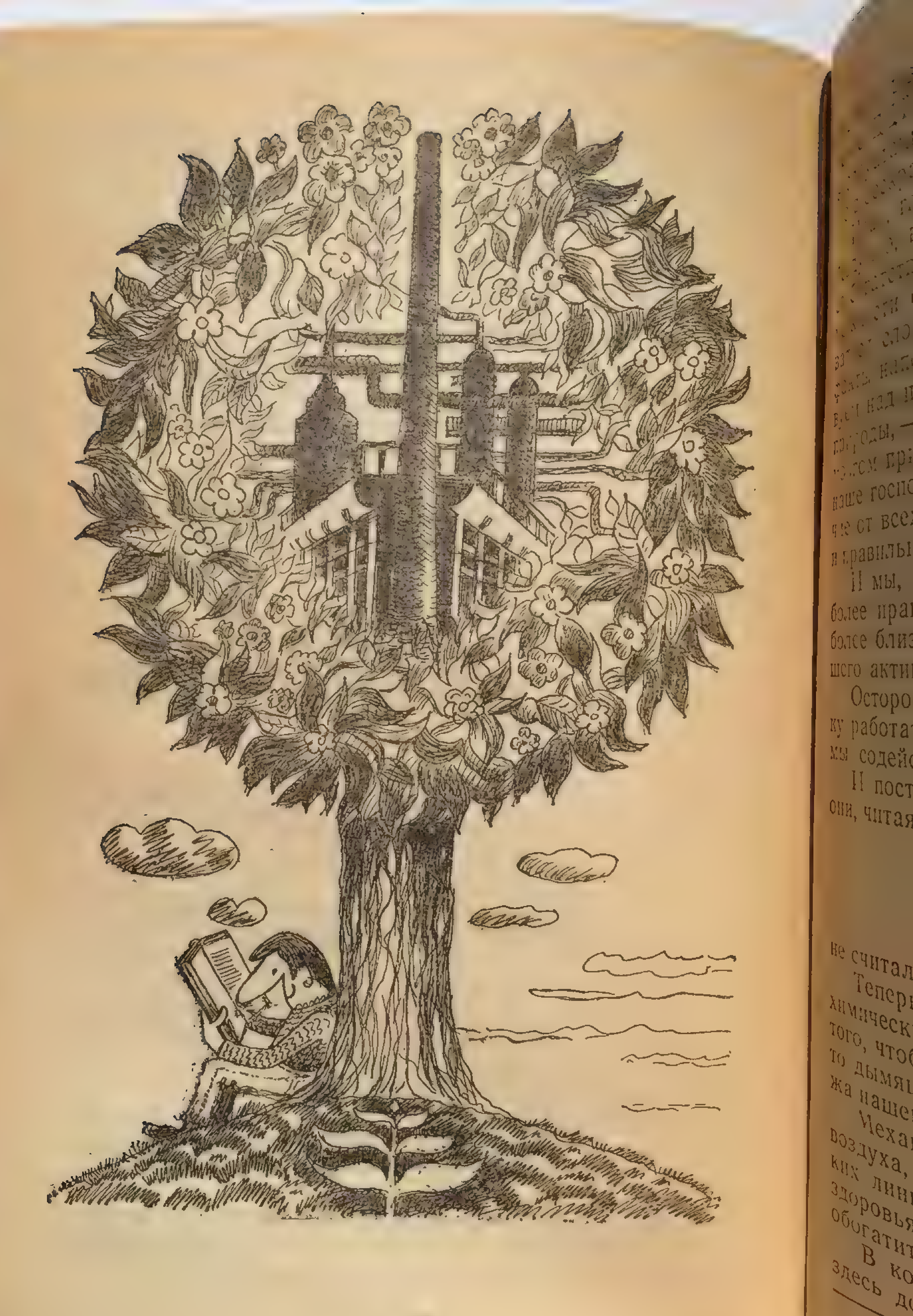
Серьезное предостережение. Но выполняем ли мы всегда и во всем эти заветы? Не слишком ли мы уповаем на то, что Природа сама себя излечит?

Поэт Л. Мартынов написал два стихотворения с одинаковым названием «Голос Природы». Последнее заслуживает того, чтобы его привести полностью как аргумент одной из сторон:

«Слышу я
Природы голос,
Порывающийся крикнуть,
Как и с кем она боролась,
Чтоб из хаоса возникнуть,
Может быть, и не во имя
Обязательно нас с вами,
Но чтобы стали мы живыми,
Мыслящими существами,
И твердит Природы голос:
«В вашей власти, в вашей власти,
Чтобы все не раскололось
На бессмысленные части!»

Примеров ошибок и просчетов можно привести множество. Причины малы, а последствия велики. Скажем, поголовное истребление одного вида якобы вредных животных и следующее за этим чудовищное размножение другого вида более вредных животных, которых ничто не сдерживает, так как истребленный вид был их врагом. Или безоглядное увлечение органическими ядохимикатами, толчком которому послужило изобретение печально известного дихлордифенилтрихлорэтана — ДДТ

[1] *Маркс К.* и *Энгельс Ф.* Собр. соч., т. 20, с. 495.





(кстати, швейцарец Пауль Мюллер получил за изобретение ДДТ Нобелевскую премию). Или же варварская эксплуатация пашен, превращающая плодородную землю в бескрайнюю безжизненную пустыню...

Итак, главное — в линии поведения, точке зрения: бездумно, не заботясь о потомках, изымать у Природы ее богатства, неограниченно используя гигантские возможности современной техники... Или же руководствоваться словами Ф. Энгельса: «И так на каждом шагу факты напоминают нам о том, что мы отнюдь не властвуем над природой так... как кто-либо находящийся вне природы, — что мы, наоборот, нашей плотью, кровью и мозгом принадлежим ей и находимся внутри ее, что все наше господство над ней состоит в том, что мы, в отличие от всех других существ, умеем познавать ее законы и правильно их применять.

И мы, в самом деле, с каждым днем научаемся все более правильно понимать ее законы и познавать как более близкие, так и более отдаленные последствия нашего активного вмешательства в ее естественный ход»[1].

Осторожно, но не испуганно, а с любовью рука об руку работать с Природой, перенимать ее методы и приемы, содействовать ей, добавлять ей сил и энергии.

И постоянно думать о грядущих поколениях. Чтобы они, читая Ш. Бодлера:

«Есть запах чистоты.
Он зелен точно сад,
Как плоть ребенка свеж.
Как зов свирели нежен»,

не считали Природу безвозвратно утерянной.

Теперь самое время заглянуть на современный коксохимический завод и посмотреть — что же делается для того, чтобы как любимую кинооператорами картину густо дымящих труб исключить из индустриального пейзажа нашей Родины.

Механизация и автоматизация процессов, аспирация воздуха, герметизация машин, аппаратов, технологических линий — вполне достаточные меры для сохранения здоровья работающих в углеподготовительном и углеобогатительном цехах.

В коксовом цехе дело обстоит сложнее, потому что здесь дополнительным «участником» является темпера-

[1] *Маркс К.* и *Энгельс Ф.* Собр. соч., т. 20, с. 496.

тура. Во время загрузки углезагрузочный вагон подъезжал и останавливался над загрузочными люками только что освобожденной от кокса печной камеры. Через люки наружу неистово вырывался сначала горячий воздух, а затем и первые летучие продукты.

В настоящее время используют специальное приспособление — телескопическое загрузочное устройство, которое не дает вырваться в атмосферу ни газам, ни уносимым с ними мелким частичкам угля; да еще после загрузки это же устройство аккуратно подметет просыпавшуюся шихту и плотно закроет крышки люков... Существуют также и широко применяются процессы гидро- и пароинжекции...

Вообще говоря, к углю и продуктам переработки издревне относились подозрительно: вещество, пачкающее и загрязняющее атмосферу. Существует солидное свидетельство — послание английского парламента королю, — датированное еще 1316 годом: «...если его величество дорожит прелестью своих садов, белизной лица и красивостью белья и если не хочет, чтобы его верноподданные задохнулись или закоптели, подобно дурной ветчине, то парламент убедительнейше просит совершенно запретить употребление этого горючего материала, называемого каменным углем»...

Однако, с другой стороны, количество пыли, вносимой деятельностью человека (350—400 миллионов тонн за год), в десять раз уступает тому количеству пыли, которое дают естественные природные процессы (землетрясение, вулканическая деятельность, пыление почвы, попадание в атмосферу морской соли, пожары).

В таком случае нет ни малейших оснований для беспокойства? Оказывается есть. Статистика утверждает, что основные источники загрязнений расположены вблизи мест проживания, работы и отдыха людей (в парижском воздухе, скажем, пыли в две тысячи раз больше, чем на бескрайней гладью Тихого океана).

Впрочем, будем конкретнее: три четверти общего количества выбросов коксохимического завода приходятся на углекоксовые цехи, а четверть — на химические. Однако именно с выбросами химических цехов больше всего трудностей — уж очень они разнообразны по составу, уж слишком малы зачастую концентрации веществ, которые необходимо улавливать.

Весьма перспективным в этом направлении является метод каталитического окисления вредных выбросов в атмосферу, позволяющий довести содержание каждого компонента до санитарно-гигиенических норм.

В отношении к Природе, быть может, как ни в одном другом вопросе, проявляются хищнические замашки капитализма. Для примера стоит привести циничное высказывание администрации одной корпорации, объединяющей и коксохимические заводы, которое процитировал журнал «Глюкауф»: «...Требования по защите окружающей среды, вызванные только инициативой граждан и не имеющие вещественной основы, вследствие связанного с ними ухудшениями конкурентоспособности неизбежно должны привести к закрытию части предприятий и тем самым к соответствующей потере рабочих мест. От всех ответственных лиц следует потребовать определения «здорового масштаба». В переговорах с представителями граждан необходимо разъяснять, что должны быть четко разграничены мероприятия, которые осуществляют для охраны здоровья, и мероприятия, служащие лишь для уменьшения неприятных, но не причиняющих ущерба здоровью эмиссий». К последним причислены, например, вредный диоксид серы и угольная пыль.

Внимательно прочитав это высказывание, чувствуешь агрессивное настроение говорящего. С одной стороны, явная угроза активистам, мол, будете продолжать — закроем завод, с другой стороны, нежелание потратить лишний доллар на очистку, которая не дает ни продукции, ни дополнительной прибыли, короче говоря, не несет ни малейших материальных выгод.

О политике Советского государства в вопросе охраны окружающей среды было однозначно заявлено на XXVI съезде КПСС: «Увеличить мощности систем оборотного и повторного использования вод, разрабатывать и внедрять на предприятиях бессточные системы водоиспользования. Улучшить охрану водных источников, в том числе рек и озер, от истощения и загрязнения... Совершенствовать технологические процессы и транспортные средства с целью сокращения выбросов вредных веществ в окружающую среду и улучшения очистки отходящих газов от вредных примесей. Увеличить выпуск высокоэффективных газопылеулавливающих аппаратов, водоочистного оборудования, а также приборов и автомати-

ческих станций контроля за состоянием окружающей природной среды»[1].

После Великой Октябрьской революции до наших дней было издано немало специальных постановлений о защите окружающей среды, введены строгие нормы природопользования, предотвратившие серьезные нарушения в экологической системе даже при форсированном развитии того или иного региона. В десятой пятилетке, например, на мероприятия по охране природы было израсходовано более 26 миллиардов рублей.

Рассказывая о защите окружающей среды, нельзя обойти вниманием активнейшего участка самых разнообразных процессов — воду.

Каждый помнит из школьного курса географии, что три четверти нашей планеты занимают океаны, моря, реки, озера, пруды, ручьи; та земля, по которой мы ходим, оказывается всего навсего большим островом в бескрайней водной шири.

Однако, несмотря на кажущееся обилие воды, все чаще можно услышать сетования на то, что пресной воды не хватает. Возникает проблема эффективной очистки уже использовавшейся в технологии воды.

На коксохимических заводах воду применяют при обогащении углей, на многих предприятиях — для охлаждения кокса. Водой орошают коксовый газ. Она необходима для извлечения и переработки аммиака, фенола, смолы. Водой охлаждают пековый кокс, каменноугольный пек.

Участвуя во многих процессах коксохимического производства, вода насыщается различными химическими веществами. Она содержит угольную, коксовую или известковую пыль, различные масла, аммиак, фенолы, сероводород, цианиды, роданиды, примеси органических соединений. Такая вода, как правило, совершает путь по замкнутому циклу. Ее подают в цех для промывки или охлаждения, она уносит с собой пыль или тепло, затем ее отстаивают или охлаждают и снова направляют в цех.

Некоторую часть воды после неоднократного использования сбрасывают в реки, пруды, водоемы. Однако соединения фенола, сероводород, цианистые и роданис-

---

[1] Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981, с. 183—184.

тые соединения, различные масла очень вредны для живых организмов в воде и прибрежной части. Поэтому для защиты флоры и фауны строят специальные очистные сооружения. Наибольшее распространение получили пароциркуляционный, экстракционный и биохимический методы.

Паровой способ принципиально похож на улавливание бензола из коксового газа поглотительным маслом. Только сверху аппарата подают не масло, а загрязненную, например фенолами, воду, а снизу не коксовый газ, а сильный поток пара, который «вырывает» фенолы и увлекает их по трубе на переработку. Воду же возвращают в производственный цикл.

Экстракционный способ: для очистки используют специальные растворы, которые «реагируют» только на компонент, от которого следует избавить воду. При смешении с загрязненной водой этот нежелательный компонент (или компоненты) вступает в химическую реакцию с экстрагирующим раствором и переходит в него. Затем воду и раствор отделяют друг от друга (можно простым отстаиванием), а вредные примеси после этого извлекают из раствора.

Собственно говоря, вредными примесями они являются в воде, т. е. воздействуя на Природу. На самом же деле это ценнейшие химические вещества, которые после очистки находят свое истинное применение.

Биохимический — наиболее полный — метод очистки весьма своеобразен. Было установлено, что фенолы, роданиды и цианиды не всего живого смертельные враги. Оказалось, что есть микроорганизмы, для которых эти соединения являются деликатесом. Попробовали реализовать этот принцип в промышленном масштабе — получилось. И сейчас уже немыслима полная очистка сточных вод коксохимического производства без биохимической очистки водными микроорганизмами в специальных многосекционных бассейнах. Правда, воду, подаваемую на биохимическую очистку, надо предварительно освободить от масел, смолы и других вредных (для микроорганизмов) веществ. Зато уже и получается вода, которую со спокойной душой можно «отпустить» с завода...

Не следует думать, что защита Природы — дело только человека и его верного помощника — Химии. Нет, Природа сама может участвовать в борьбе за хрустальную чистоту родников, за синеву неба, за нежный аро-

мат цветов. Основной формой совместного участия Природы и человека в этой борьбе являются новые лесопосадки. Это не только предотвращение эрозии почвы, не только дополнительная древесина и эстетическое оживление ландшафта. Это главным образом 2—5 тонн дополнительного кислорода, 3—6 тонн ежегодно поглощенного углекислого газа каждым гектаром лесопосадок (именно углекислый газ вносит наибольшие возмущения в атмосферу, вызывая так называемый парниковый эффект). Уже созданы специальные станции для работ по выращиванию зеленого кольца вокруг угольных разрезов и тепловых электростанций Экибастуза, а также вблизи Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К. Либкнехта.

Но растения поглощают вещества неодинаково, поэтому подбор деревьев и кустарников для озеления заводской территории проводят с учетом их способности поглощать токсические вещества из воздуха. Скажем, очень много и хорошо поглощает фенолы и цианиды тополь черный, по пиридинам «специалист» сирень обыкновенная. Бирючина обыкновенная «предпочитает» фенолы и пиридины»; спирея Ван Гута поглощает фенолов меньше, зато много — цианидов и пиридинов. Берест перистоветвистый даст заметный эффект при поглощении фенолов, а акация белая — цианидов.

Существенную помощь в очищении воздуха от вредных веществ и создании благоприятного микроклимата дают газонные травы — мятлик луговой, ежá сборная, овсяница красная и другие. Поглощает токсические вещества из воздуха и почва: один квадратный метр толщиной 10 сантиметров «впитывает» за сутки в среднем 1 грамм фенолов, около 0,2 грамма пиридинов, 14,2 грамма цианидов...

Существуют специальные рекомендации по возведению «зеленых редутов» конкретно для каждого токсического вещества, например для сернистого ангидрида они выглядят так: дуб черешчатый, клен полевой, кипарисовик горохоплодный — в первых рядах. За ними каштан съедобный, ольха серая, граб, ель колючая. А уж за их кронами могут встать более восприимчивые липы мелколистые, сосны, лиственницы...

Впрочем, как бы ни были хороши современные методы борьбы с вредными выбросами, надо постоянно их совершенствовать, развивать вместе с основным произ-



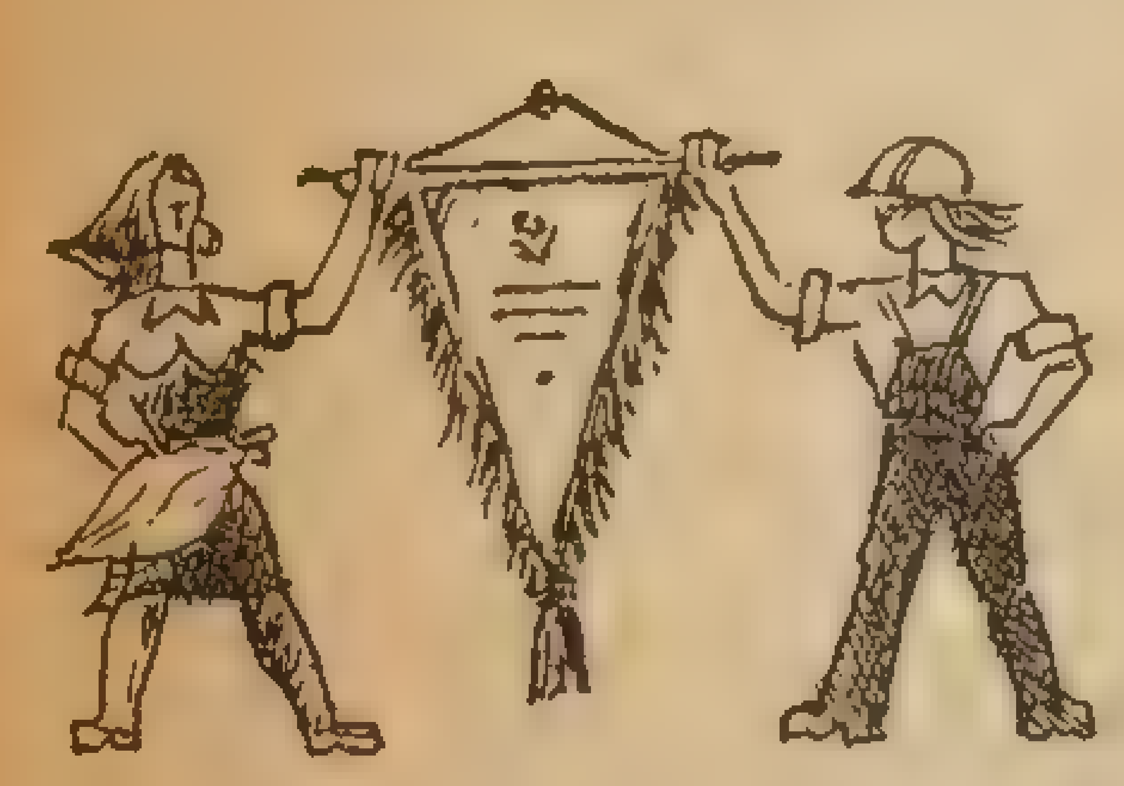
водством, ибо некоторое время спустя они могут безнадежно устареть.

Меры по улучшению, оздоровлению условий труда, охране и защите окружающей среды выступают как один из факторов повышения эффективности производства путем наибольшего использования рабочего времени, сокращения заболеваемости, других трудовых потерь и непроизводительных расходов.

Это в конечном счете является непосредственной заботой о тех, кого мы называем основой производства, о тех, кто своими руками создал сегодняшний и создает завтрашний мир — о рабочих людях.

Рассказ шестой

Основа производства



Нужно любить то, что делаешь, и тогда труд... возвышается до творчества.

М. Горький

С каждым днем, буквально с каждым часом окружающий нас мир приобретает все новые и новые черты. Новое, необычное становится повседневным, будничным скорее, чем мы успеваем до конца восхититься глубиной и размахом оригинальных решений и находок. Завтрашний день спешит сменить сегодняшний быстрее, чем только что сегодняшний сменил вчерашний. В каждом нашем общем действии ощущается неистребимое желание идти вперед, преодолевать трудное. Ни на минуту не прекращается движение, работа. А что значат машины и механизмы без человека? Только человек, создавший эти машины и механизмы, может дать им жизнь. Только его руки и ум могут одушевить и одушевляют металл, дерево, пластмассу.

Человеку чужды покой, статика. Он весь — непрерывное движение, действие. Человек совершенствует самого себя и разумно преобразует окружающий мир. Точнее, не человек, а человечество.

Существует множество профессий и чем глубже и всестороннее становятся наши знания, тем больше потребуется различных профессионалов, умельцев, реализующих эти обширные знания на практике или приобретающих новые.

Как же выбрать себе ту единственную профессию, которая сделает реальным высокий лозунг «Труд — это счастье»?

В своих ранних произведениях К. Маркс размышлял о выборе профессии, который предстоит сделать каждому молодому человеку:

Он подчеркивал, что выбор этот является таким действием, которое может уничтожить всю жизнь человека, расстроить все его планы и сделать его несчастным. Серьезно взвесить этот выбор — такова, следовательно, первая обязанность юноши, начинающего свой жизненный путь и не желающего предоставить случаю важные свои дела.

Говорят, что есть водораздел между профессиями: между героическими и будничными. Но водораздел этот мнимый. Он надуман людьми, ищущими легкой жизни, даже, пожалуй, легкой наживы.

Человек социален и поэтому ему в конечном счете важна оценка его деятельности другими людьми. И чем более развиты общественные отношения, тем чаще вместо материальных оценок и поощрений выступают моральные.

По итогам работы в девятой и десятой пятилетках за выдающиеся производственные достижения, досрочное исполнение государственных заданий и принятых социалистических обязательств по выпуску продукции, улучшению ее качества, повышению производительности труда и проявленную при этом трудовую доблесть Президиум Верховного Совета СССР присвоил звание Героя Социалистического Труда восьми труженикам коксохимической промышленности.

Большая армия коксохимиков — от руководителей производства до рабочих — отмечена за свой ударный труд орденами и медалями. По итогам работы в десятой пятилетке коллектив Ясиновского коксохимического завода имени 60-летия Советской Украины награжден орденом «Знак Почета»...

На Всероссийском совещании по вопросам трудового воспитания и профессиональной ориентации молодежи

подчеркивалось, что для того, чтобы стать современным советским рабочим, надо быть идейно убежденным, обладать широким политическим кругозором, в совершенстве владеть профессией, творчески относиться к своей работе, уметь гармонически сочетать физический и умственный труд.

И тогда признание и уважение не заставят себя ждать. Исходным пунктом партийного подхода к экономике остается незыблемое программное требование — все во имя человека, все для блага человека — человека труда, ибо он — главное, бесценное богатство нашего общества.

На XXVI съезде КПСС было подчеркнуто: «Конкретная забота о конкретном человеке, его нуждах и потребностях — начало и конечный пункт экономической политики партии»[1].


Советский рабочий класс стал у нас не просто самым многочисленным классом, составляющим две трети занятого населения. Он стал большинством трудового народа. В состав партийных, профсоюзных и комсомольских комитетов, органов государственной власти избирается все больше рабочих — в полном смысле высококультурных, интеллигентных людей.

В производственной деятельности миллионов рабочих все теснее переплетаются физический и умственный труд. Пример тому — широчайшее рационализаторское движение. Новаторы-коксохимики ежегодно вносят в народную копилку сотни тысяч рублей экономии, механизируя и автоматизируя процессы, облегчая и оздоровляя условия труда.

Взять к примеру Московский ордена Трудового Красного Знамени коксогазовый завод имени 50-летия Великого Октября, занесенный на Всесоюзную доску Почета на ВДНХ СССР и удерживающий в течение ряда лет переходящее Красное знамя ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ. Трудовые успехи коллектива завода, который называют завод — сад, были бы невозможны без планомерной работы администрации, партийной, профсоюзной и комсомольской организаций по внедрению всего нового, передового, что есть в коксохимии (на МКГЗ впервые в СССР осуществлена бездымная загрузка печей, практически полностью

---

[1] Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981, с. 49.





исключен тяжелый ручной труд), без серьезного, творческого подхода к решению социальных вопросов (при заводе работает больница на 480 мест, к услугам спортсменов и физкультурников стадион «Металлург», трудящиеся завода с 1968 года полностью обеспечены детскими дошкольными учреждениями, имеется пионерский лагерь, на базе завода функционирует вечерний техникум и т. д.), трудовые успехи заводчан были бы невозможны без развития движения новаторов и изобретателей, всемерной поддержки массового социалистического соревнования.

Современный рабочий класс был и остается, говоря словами Маркса, «социальным разумом и социальным сердцем» общественного развития по пути к коммунизму. Его революционная идеология, коллективистская психология, его интересы и идеалы становятся ныне достоянием всех без исключения слоев советского общества.

Труд, в результате которого возникают материальные ценности,— лучший воспитатель. «Труд и учит и кормит»,— говорят в народе. Имеется в виду, конечно, осмысленный, целенаправленный, хорошо организованный, а стало быть, результативный труд. Неорганизованность, расхлябанность ни к чему хорошему не приводит — и работа страдает, и рабочий.

Решающим фактором в налаживании ритмичных трудовых процессов является социалистическое соревнование. Вообще говоря, взаимосвязанные чувства соперничества и сотрудничества заложены в природе человека. Где есть деятельность группы людей, коллектива, там и соревнование. Оно является частью истории человечества. В далекие времена подсознательно, основываясь лишь на инстинкте самосохранения и сохранения своего рода, затем все более развиваясь, приобретая при капитализме чудовищные формы ущемления личной свободы, соревновательный импульс сопровождал человека всегда.

Только при социализме трудовое соревнование не разобщает, а сближает людей, объединяет их в коллектив единомышленников, идущих к одной цели.

«Социализм,— писал В. И. Ленин,— не только не угашает соревнования, а, напротив, впервые создает возможность применить его действительно *широко*, действительно в *массовом* размере, втянуть действительно большинство трудящихся на арену такой работы, где они

6—763

могут проявить себя, развернуть свои способности, обнаружить таланты, которых в народе — непочатый родник»...[1]

Соревнование дает не только и не столько экономический результат (это первичный эффект соревнования), социалистическое соревнование благотворно влияет на человека, позволяет проявиться его лучшим личностным качествам, дает простор творчеству, что в дальнейшем и определяет качественный прирост экономических показателей работы.

Это вполне объяснимо: невозможно стать лучшим среди равных без овладения определенным запасом теоретических знаний, без освоения передового производственного опыта, мобилизации характера, воли, способностей.

Социалистическое соревнование использует и моральные, и материальные оценки результатов труда, причем материальная сторона не затушевывает моральную и, естественно, наоборот.

Что же в таком случае побуждает рабочих, весь трудовой коллектив изо дня в день, из года в год самоотверженно трудиться? Материальные блага, почести? Безусловно, им не чужды те жизненные блага, которые приносит оценка их труда обществом. И все-таки это не главная цель. Ударный труд, беззаветное служение Отчизне — для современного советского рабочего осознанная жизненная позиция.

Самоотдача и добросовестность — не врожденные достоинства, они формируются коллективом. В процессе здорового трудового соперничества у человека рано или поздно происходит переоценка ценностей; эгоистические критерии, которые, быть может, существовали на первых порах, сменяются общественными.

Молодому рабочему необходимо сразу осознать, что только в созидательном труде, в трудовом соревновании, находясь непрерывно в поле общественного внимания, он сможет раскрыться как личность, как яркая индивидуальность, проявив свои способности, которыми, кстати говоря, наделен каждый без исключения человек.

Взять к примеру коксохимическое производство Череповецкого металлургического завода. В свое время

---

[1] *Ленин В. И.* Полн. собр. соч., т. 35, с. 195.

коксохимики первыми на заводе встали на ударную вахту в честь XXVI съезда КПСС, приняли повышенные обязательства, а затем и досрочно выполнили их. Решающим фактором успехов этого коллектива является постоянная забота о людях труда.

Основой производительного труда стало внедрение на коксохимическом производстве Череповецкого металлургического завода комплексной механизации и автоматизации. Это позволило не только облегчить условия труда в коксовом цехе, максимально высвободить для других работ рабочих таких профессий, как дверевые, люковые, рамповщики, но и по-другому организовать труд: большинство рабочих теперь работают только в дневной смене.

В пекококсовом цехе завода благодаря герметизации дверей и механизации чистки порогов от графита, эффективной работе механизмов чистки дверей и рам появилась возможность управлять всеми механизмами коксовыталкивателя из кабины машиниста. Изменение схемы подачи отработанного воздуха после кубов-реакторов пекоподготовки, надежная герметизация емкостей, ликвидация ручных замеров различных технологических параметров существенно снизили загазованность на территории цеха.

Партия и правительство постоянно заботятся о рабочем человеке, его быте и досуге. Ярким свидетельством тому стал пуск первой коксовой батареи на Алтайском коксохимическом заводе — первенце черной металлургии Алтая (в настоящее время пущена и вторая, и третья батареи). Завод строила вся страна — Ленинград и Ярославль, Горький и Новосибирск, Ульяновск и Новокузнецк, Магнитогорск и Липецк. Активное участие приняли в возведении коксохимического гиганта труженики из Узбекистана и Грузии, Литвы и Молдавии, Латвии и Киргизии, Таджикистана и Эстонии.

Строительство шло широким фронтом, параллельно с возведением завода строились жилые дома, магазины, детские сады, различные учреждения бытового обслуживания и социально-культурного назначения. Уже в одиннадцатой пятилетке намечено построить в городе Заринске 300 тысяч квадратных метров жилой площади, школу, профессионально-техническое училище, три детских сада, авто- и железнодорожный вокзалы, десятки магазинов, столовых.

Размах строительства, которое продолжается и по сей день, был гигантский. На строительной заводской площадке переработано к пуску первой батареи 14 миллионов кубометров грунта, уложено и смонтировано более 250 тысяч тонн бетонных и железобетонных конструкций, свыше 17 тысяч тонн металлоконструкций, протянуто 300 километров трубопроводов и 800 километров кабеля. На недавно еще пустом месте выросло около 300 зданий и сооружений.

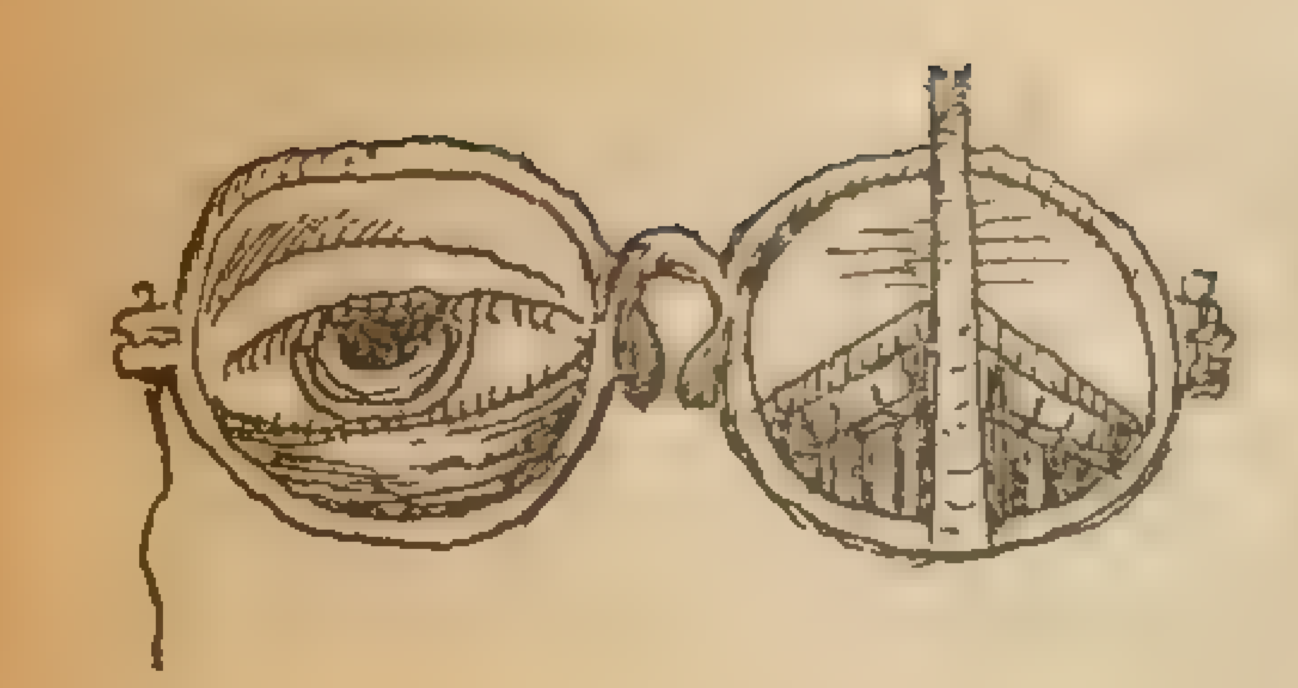
На Алтайском коксохимическом заводе внедряется много технических новинок, оригинальных решений, позволяющих сделать труд более производительным, творческим. На заводе уже сейчас есть технологические линии, где автоматика и телемеханика практически полностью заменили человека; внедрена вычислительная машина для автоматизированного регулирования температурного и гидравлического режимов батареи. В цехе улавливания установлено высокопроизводительное оборудование (конечные газовые холодильники, сатураторы, скрубберы с плоскопараллельной насадкой); построена установка утилизации — все отходы производства будут возвращены в шихту, идущую на коксование.

Научно-технический прогресс обусловливает не только необходимость приобретения высокой квалификации и профессионального мастерства, но и общеобразовательного уровня, предполагающего принципиальные элементы инженерно-технических и других специальных знаний.

По мере перехода коксохимического производства на комплексную и полную механизацию производственных процессов и дистанционное управление механизмами и агрегатами функции рабочих все более будут сводиться к активному контролю за ходом процессов и наладке машин и механизмов, все шире будут открываться возможности творческого, высокопрофессионального участия рабочего человека в производственной деятельности предприятия в целом.

Рассказ седьмой

Что будет



Если вы будете работать для настоящего, то ваша работа выйдет ничтожной; надо работать, имея в виду только будущее.

А. П. Чехов

Что будет завтра, через месяц, через годы — эти вопросы интересовали людей с давних времен. Именно вопросы о будущем породили целое литературное направление — фантастику и современную науку — прогностику.

Познакомившись в общих чертах с коксохимией сегодняшнего дня, давайте помечтаем, читатель, о ее будущем.

Завтрашний день коксохимии, как и всей промышленности в целом, определяется требованием соответствия технологии и психико-физических возможностей человека. Следовательно, помимо реализации высоких технико-экономических показателей работы отрасли, предприятий, машин и агрегатов, необходимо создавать новые технологии (а это значит новые машины и агрегаты), гармонично учитывающие возможности человека и техники в рамках единой системы человек — машина. При этом активная роль человека, его интеллектуальные и творческие возможности должны быть максимально развиты...

В пятидесятых годах бурно начала развиваться промышленность пластических масс, которые во многих случаях оказались удачными заменителями черных и цветных металлов, и поклонники химического синтеза утверждали, что, мол, скоро на смену железному коню придет конь пластмассовый.

Действительность обманула ожидания оптимистов: пластики хоть и стали ходовым конструкционным материалом, однако лишь несколько потеснили металлы, оставив за ними первенство. Более того, по очередному прогнозу оказывается, что научно-технический прогресс многих отраслей народного хозяйства будет обусловлен нарастающим потреблением высококачественного метал-

ла. Сталь и чугун, в частности, еще очень долгое время будут основным конструкционным материалом.

Коль скоро чугун невозможно получить без кокса, то вполне естественно предположить, что должно непрестанно возрастать производство и улучшаться качество кокса. Такова объективная необходимость.

С другой стороны, человек почти два с половиной столетия выбирал из недр угли, наиболее подходящие для коксования, и со временем они стали дефицитными, дорогими, труднодобываемыми. Коксовики вынуждены были использовать угли других марок — дешевые, доступные, распространенные. Но всему есть предел. Постепенно производство приближается к той черте, за которой традиционное коксование невозможно. Возникла настоятельная необходимость создать дополнительные процессы, предшествующие коксованию и улучшающие качество шихты. Так родились процессы избирательного измельчения, пневмосепарации, частичного брикетирования шихты, позволяющие достичь рациональной степени измельчения углей. Последовали конструкционные изменения: увеличили полезный объем печных камер, предлагают применить более теплопроводные огнеупоры для строительства коксовых печей...

Термическая подготовка — один из наиболее эффективных методов обработки шихты перед коксованием — возникла, когда ученые решили не тратить лишнее тепло на испарение влаги из шихты, уже загруженной в печную камеру, а подсушивать и подогревать шихту до загрузки.

Эта мысль была реализована не сразу, но уже на стадии испытаний ее аппаратурного воплощения позволила резко улучшить качество кокса, увеличить производительность батареи на 40 процентов. Оказалось, что в некоторых определенных случаях предварительный нагрев позволяет получить доменный кокс из шихты без участия коксовых углей.

С экономической точки зрения превращение каменных углей в кокс весьма целесообразно, так как относительная ценность килограмма углерода в коксе в полтора раза выше, чем в угле. Добавим также, что относительная ценность химических продуктов коксования намного превышает ценность угля. Народное хозяйство испытывает каждодневную потребность в коксе и химических продуктах коксования. Учитывая сказанное, обос-

нованно можно заключить, что коксование — один из эффективнейших способов переработки ископаемых каменных углей.

Но как бы ни были хороши вспомогательные процессы, все-таки существующая технология так называемого слоевого коксования имеет лишь незначительные резервы для улучшения качества кокса при современном состоянии сырьевой базы.

Где же выход? Очевидно, необходимы новые теория и практика коксования, чтобы созданная технология была гибка, рациональна и экономична. Однако одного желания для решения такого вопроса явно недостаточно. Еще К. Маркс говорил о том, что уровень развития конкретной области науки определяется степенью проникновения в нее математики. С помощью специальных методик, используя «язык математики» (выражение, впервые употребленное Галилеем), ученые работают над созданием математических моделей будущих процессов коксования угля.

Но неразгаданные до сих пор тайны угля не позволяют вывести в формулах весь новый процесс от начала до конца. Поэтому продолжается воплощение ранее высказанных идей.

Наиболее оформленным в теоретическом и практическом плане является процесс получения формованного кокса, который заключается в скоростном нагревании угля до температуры пластического состояния, последующего выдерживания при постоянной температуре (изотермического выдерживания), принудительного формования, спекания и прокаливания формовок. Технология формованного кокса позволит практически неограниченно расширить сырьевую базу коксования. Это первый, самый, пожалуй, главный плюс технологии, ведь для использования предполагают и слабоспекающиеся угли, которые до настоящего времени коксовики обходили стороной, и самые дешевые каменные угли, добываемые открытым способом.

Кроме того, эта технология имеет значительные резервы снижения расхода тепла на коксование. Это немаловажный показатель в эпоху острого в мире энергетического голода. Ну, а если упомянуть о вполне реальной возможности решения социальных задач путем создания на основе технологии формованного кокса непрерывного

автоматизированного безотходного производства, то понятно будет, почему этот способ называют наиболее перспективным соперником традиционного слоевого коксования.

Это — ближайшая перспектива, отдаленную предсказать трудно: слишком неожиданны бывают повороты мысли, ищущей все более оптимальных путей. И, видимо, ни одна самая смелая фантазия не предположит того, что через несколько десятилетий станет повседневным явлением. Нильс Бор как-то заметил одному из своих учеников: «Ваша идея, конечно, безумна. Ведь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы оказаться верной?»

Быть может изобретатели переиначат новую конструкцию печи — кольцевую с движущимся подом, которая сегодня только-только входит в промышленность, быть может перевернут «с ног на голову» забытый способ коксования с помощью электричества, позволяющий увеличить выход бензола и смолы, имеющий к тому же высокую оперативность и маневренность при регулировании скорости нагрева, быть может термоконтактное коксование угля в кипящем слое, имеющее высокую интенсивность и предназначенное пока лишь для получения агломерационного мелкого кокса, послужит основой для какой-либо плодотворной идеи...

Впрочем, весьма жизнеспособна мысль о том, что новое — это немыслимое старое. Более того, добавим, что подлинно сущее — это то, что немыслимо, совершенно абсурдно с точки зрения обыденного рассудка, причем абсурдной, неприемлемой идея может представляться в пределах одной области техники, в другой же она, все может статься, уже осмыслена и решена банальным образом. Поэтому при прогнозировании будущего следует учитывать взаимопроникновение технологий или, как говорят, перенос технологий из одной области в другую. Это во-первых.

Во-вторых, решительное содействие переносу технологий, сопровождаемое экономией времени, намного ускорит приход завтрашнего дня в науке и технике. По этому поводу известный советский философ В. Афанасьев писал: «... интенсификация, степень экономии времени является главным показателем состояния общества, уровня всесторонности развития как того или иного общества в целом, так и его отдельного члена».

Однако пора вернуться от машин и технологий к тому, с чего мы начали — к человеку.

В проекты будущих коксохимических заводов, рационально расходующих энергию, полностью использующих коксовый газ, имеющих гибкую технологию при малых издержках, экологически нейтральных, закладывают не только наисовременнейшие технические устройства, но и модель деятельности человека в системе перспективных производств. На основе последних достижений естественных и гуманитарных дисциплин комплексно решается проблема взаимоотношения человека и техники с целью наращивания эффективности функционирования всего производственного механизма.

Комплексное проектирование можно осуществлять с двух позиций — антропоцентрической и равнокомпонентной.

Когда отправной точкой служит человек (*антропос* по-гречески человек) и снова проектируется его деятельность, его функции и лишь затем технические средства, обеспечивающие эффективную спроектированную деятельность индивидуума, раскрытие со всей полнотой его психических и физических возможностей, тогда подход называют антропоцентрическим. И хотя такой подход прогрессивнее и гуманнее, все же более рациональным в наше время следует признать проектирование, когда человек и техника рассматриваются в качестве равноправных компонентов.

Антропоцентричность — это непременное будущее. Будущее коксовых, химических, и углеподготовительных цехов, будущее всего коксохимического производства...

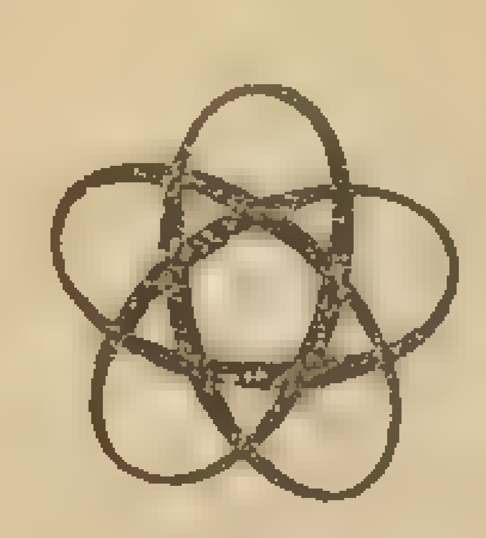
Закон ускоренного развития науки, впервые сформулированный Ф. Энгельсом: «... Наука движется вперед пропорционально массе знаний, унаследованных ею от предшествующего поколения»[1], подчеркивает настоятельную необходимость постоянного контроля за научно-техническим прогрессом со стороны человека, планомерного развития положительных тенденций научно-технической революции, учета и устранения ее возможных негативных явлений...

Говоря о будущем коксохимии, мы умышленно не вдавались в детали и тонкости грядущей техники и технологии. Вы, уважаемый читатель, все увидите сами,

---

[1] *Маркс К.* и *Энгельс Ф.* Собр. соч., т. 1, с. 568.

когда вольетесь в славный трудовой коллектив коксохимиков и начнете создавать собственными руками то, что будет.



РЕКОМЕНДУЕМ ПРОЧИТАТЬ

Бекетов В. П. Удивительные превращения. Липецк: Книжное издательство, 1968.

Борисов С. С. Занимательно о горном деле. М.: Недра, 1972.

Популярная библиотека химических элементов (в 4-х томах). М.: Наука, 1971—1974.

Розен Б. Я. Повесть о горючем камне. М.: Недра, 1981.

Энгельс З., Новак А. По следам элементов. М.: Металлургия, 1983.

СОБЫТИЯ И ГОДЫ

25000—20000 лет до н. э. Человек знакомится с углеродом (в виде древесного угля) и применяет его для рисования.

3000—2000 лет до н. э. В Египте и Малой Азии впервые получено кричное железо.

340—325 гг. до н. э. Первое письменное упоминание в «Метеорологии» Аристотеля, имеющее непосредственное отношение к каменному углю.

320—290 гг. до н. э. Теофраст (Тиртам) Эресский в своем сочинении «Трактат о камнях» писал: «...называют эти ископаемые вещества Антрацитом (или Углем)... они воспламеняются и горят подобно древесному углю...»

100—50 лет до н. э. Ископаемые угли применяют в Китае для выпаривания соляных растворов, производства фарфоровых изделий, выплавки меди...

1215—1239 гг. Первые упоминания о разработке каменного угля в Англии.

XIV—XV вв. Начало систематической добычи каменного угля в различных странах Европы. Построены первые доменные печи для выплавки чугуна.

1550 г. Немецкий ученый Г. Агрикола (Бауэр) впервые обобщил теорию и практику горно-металлургического производства в труде «О горном деле», который до XVIII века являлся основным руководством по геологии, горному делу и металлургии.

1555—1587 гг. В Германии и Англии выходят указы, запрещающие использовать лес в металлургии.

1589 г. Англичане Проктер и Питерсон получили патент на переработку каменного угля, которую назвали cooking или coking.

1637 г. Недалеко от Тулы построены первые металлургические предприятия России (два доменных и два железоделательных завода).

1721—1722 гг. Крепостной крестьянин М. Волков открыл угли Кузнецкого угольного бассейна.

1722 г. Бывший подьячий Г. Капустин обнаружил ископаемые угли Подмосковного (а также несколько ранее И. Пальчин) и Донецкого угольных бассейнов.

1735 г. А. Дерби-младший провел доменную плавку на коксе.

1763 г. Опубликована книга М. В. Ломоносова «Первые основания металлургии, или рудных дел», явившаяся замечательным пособием многих поколений русских горняков и металлургов.

1773 г. Указ об основании первого в России высшего учебного заведения по горнозаводскому делу Петербургского горного института.

1776 г. Начало использования паровых воздуходувок для интенсификации доменного процесса.

1796 г. В Англии полностью сворачивается древесно-угольная промышленность, уступая место выплавке чугуна на коксе.

1825 г. М. Фарадей выделил бензол из жидких продуктов, полученных при сухой перегонке угля.

1842 г. Н. Н. Зинин провел реакцию восстановления нитробензола, в результате которой был получен анилин.

1869 г. Д. И. Менделеев открыл закон периодичности свойств химических элементов.

1873—1882 гг. Ф. Энгельсом в основном написана «Диалектика природы». Впервые полностью опубликована в СССР в 1925 году.

1889 г. При Щербиновском руднике в Донбассе построен первый в России коксохимический завод с улавливанием химических продуктов коксования.

1908 г. Начало строительства в США коксовых печей с улавливанием химических продуктов коксования.

1922 г. Создано акционерное общество «Коксобензол», организовавшее восстановление разрушенных во время гражданской войны и интервенции заводов и строительства новых предприятий в СССР.

1929 г. Производство кокса в Советском Союзе превысило дореволюционный (1913 г.) уровень. Начал работу трест «Коксострой»— организация по проектированию и строительству коксохимических заводов.

1932 г. Л. М. Сапожников и Л. П. Базилевич разработали пластометрический метод, принятый в СССР в качестве стандартного для определения спекаемости углей.

1949 г. Производство кокса в СССР превзошло довоенный (1940 г.) уровень.

1949 г. Л. М. Сапожников с сотрудниками разработали принципы технологии получения формованного кокса.

1958 г. На Ясиновском коксохимическом заводе были введены в эксплуатацию коксовые батареи с печными камерами объемом 30 м^3 (конструкции Гипрококса).

1960 г. Советский Союз вышел на первое место в мире по производству кокса.

1965 г. На Череповецком металлургическом заводе введены в строй промышленные установки сухого тушения кокса.

1975 г. На Западно-Сибирском металлургическом комбинате введена в действие коксовая батарея с печными камерами объемом 41,6 м^3.

1981 г. Пуск первой коксовой батареи на Алтайском коксохимическом заводе — первенце черной металлургии Алтая...

ГДЕ И КАКОЙ ДОБЫВАЮТ УГОЛЬ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ

Донецкий бассейн. Всесоюзной кочегаркой называют Донбасс — старейшую и самую крупную угольную базу страны. Бассейн, расположенный в границах Днепропетровской, Донецкой, Ворошиловградской и Ростовской областей, вытянулся на 600 километров с запада на восток и на 70—170 километров с севера на юг. Донбасс дает около 30 % всего добываемого угля в стране и более 40 % углей, идущих на коксование. Спектр добываемых в бассейне углей необычайно широк — от бурых и длиннопламенных, близких к бурым, до тощих, полуантрацитов и антрацитов, поэтому зольность и сернистость углей колеблются в больших пределах. Большинство углей отличаются легкой и средней обогатимостью и небольшим содержанием фосфора, что повышает их ценность для металлургического производства. Подземные работы ведут на глубине в среднем 400 метров. За год Донбасс дает стране более 200 миллионов тонн угля. 54 % добычи угля в стране приходится на долю Донецкого, Кузнецкого и Канско-Ачинского бассейнов, в перспективе они обеспечат не менее 60—70 % союзной добычи.

Кузнецкий бассейн. Кузбасс — база высококачественных углей, которые с 1925 года применяют для производства кокса. По геологическим запасам до глубины 1800 метров Кузбасс занимает третье место в стране после Тунгусского и Ленского бассейнов, а по освоенности и промышленному развитию — второе после Донбасса. Угольные пласты, содержащие все многообразие углей — от тощих до бурых, отличаются большой мощностью и в ряде мест выходят на поверхность, что позволяет добывать уголь открытым способом. За год страна получает более 148 миллионов тонн высококачественных углей. По прогнозным оценкам добыча может быть удвоена в обозримом будущем. Кузнецкие угли содержат в 4 раза меньше серы, чем донецкие. Средняя глубина подземных работ в Кузбассе около 200 метров. По мощности пластов, общим геологическим запасам углей в недрах бассейна, их доступности для промышленного освоения и высокому качеству углей Кузбасс не имеет себе равных ни в СССР, ни в мире.

Карагандинский бассейн. Один из важнейших экономических районов страны по запасам и эксплуатации углей. Бассейн расположен в северо-восточной части Карагандинской области, занимает котловину протяженностью с запада на восток около 100 километров и с юга на север до 40 километров. В Карагандинском и Экибастузском угольных бассейнах добывают за год более 100 миллионов тонн угля, который с 1932 года используют в процессе коксования. Угли бассейна, 75 % которых (в том числе жирные, коксовые жирные и коксовые) залегают на глубине до 600 метров, как правило, малосернисты (0,6—1,0 %). Карагандинские угли отличаются высокой спекаемостью и их использование создает благоприятные условия для применения слабоспекающихся углей других угольных бассейнов. Добыча угля в бассейне постоянно возрастает за счет открытого способа.

Печорский бассейн. Второй по величине в европейской части СССР, простирается вдоль западного склона Урала до Кизеловского уголь-

ного бассейна. В бассейне разрабатывают ценные коксующиеся и энергетические угли, добывая их более 28 миллионов тонн в год. Более половины запасов углей в бассейне, которые представлены различными марками — от длиннопламенных до полуантрацитов, приходится на долю жирных углей. По запасам этих углей бассейн занимает одно из первых мест в СССР. С 1950 года угли Печорского бассейна вводят в шихту для коксования.

Кизеловский бассейн. Расположен в пределах Пермской области вдоль западных склонов Северного Урала. Залежи ископаемого твердого топлива представлены газовыми и жирными углями с несколько меньшими спекающими свойствами по сравнению с донецкими и печорскими углями аналогичных марок. Угли бассейна, используемые с 1936 года в коксовом производстве, содержат много золы и серы, трудно обогащаются.

Природные ресурсы углей, обладающих свойством спекаться, вовсе не ограничены перечисленными бассейнами, представляющими угольную сырьевую базу коксования в настоящее время. В Восточной Сибири расположены Канско-Ачинский, Тунгусский, Южно-Якутский, Ленский, Минусинский и другие бассейны, в которых выявлены и частично разрабатываются залежи жирных, коксовых жирных и коксовых углей. Общегеологические запасы угля в этом регионе составляют 80 % всех запасов угля СССР, что в 3 раза превышает угольные богатства США и значительно больше запасов всех других капиталистических стран вместе взятых. К югу и западу от Москвы раскинулся Подмосковный угольный бассейн, где за год добывают около 30 миллионов тонн бурого угля, идущего главным образом на нужды тепловых электростанций. Залежи угля хранят недра Приднепровья и Прикарпатья, Урала и Кавказа, Средней Азии и Забайкалья, Дальнего Востока и Сахалина.

Содержание

Леонид Сергеевич НАУМОВ
Леонид Дмитриевич СОБОЛЕВ

НА ОРБИТЕ КОКСА
(Рассказы о коксохимии)

Редактор издательства С. А. ЧИСТЯКОВА
Художественный редактор Ю. И. СМУРЫГИН
Технический редактор Н. А. СПЕРАНСКАЯ
Корректоры: Г. Ф. ЛОБАНОВА, Т. В. ЧУПРИС
Обложка художника В. Н. ЗАБАЙРОВА
ИБ № 2613

Сдано в набор 06.03.84. Подписано в печать 24.05.84. Т-10055. Формат бумаги $84 \times 108^{1}/_{32}$. Бумага типографская Т-10055. Гарнитура литературная. Печать высокая. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая Усл. печ. л. 5,04. Усл. кр.-отт. 5,25. Уч.-изд. л. 5,53. Тираж 35 000 экз. Заказ № 763. Цена 15 к. Изд. № 1161.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Металлургия», 119857 ГСП Москва, Г-34, 2-й Обыденский пер., д. 14

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

15 коп.



Нет на планете ни одного парохода, ни одного тепловоза или электровоза, ни одной канцелярской кнопки, швейной иголки или гвоздя, которые не были бы обязаны своим рождением коксу.

Вокруг кокса, в сфере его влияния переплелись научные и практические интересы многих дисциплин — металлургии и геологии, математики и медицины, физики, химии, экологии...

